

第十八章 生物科学：(394)一、植物学 二、动物学 三、解剖学和生理学 四、显微生物学

古代学术的复兴、地理发现旅行和印刷术的发明都给予生物科学以及数学和物理学以新的刺激。在文艺复兴之前的好几个世纪里，植物和动物的研究几乎完全从属于医学的兴趣。中世纪的整个气氛不利于为研究大自然而对大自然抱有兴趣。而对古典文献的新的接触促使恢复和激起纯博物学的兴趣，新一代的博物学家也逐渐出现，他们对生物现象怀有与实利目的无关的纯真的兴趣。为了地理发现和贸易目的而进行的大量旅行，也通过引入许多种前所未知的植物和动物品种而助长了这种趋势。这种对生物学研究的新的兴趣的表现之一是植物园和动物园的建立以及植物标本和解剖标本的采集，它们是这个新时代的特征。随着生物学研究材料的迅速增加，迫切需要某种系统的分类方法，使材料易于驾驭和便于研究，因此，人们长期以来一直为研究植物和动物的系统分类问题而努力不懈。同分类工作密切相关的任务是阐明种、属等等概念。同时，显微镜的发明又开辟了一个新的生物学研究领域。迄此由于尺寸太小而观察不到的微小有机体及其部分现在可以加以周密的研究了。最后，“机械哲学在物理科学中取得的惊人成功也对生物学家产生了不小影响；于是，不仅象笛卡尔那样的哲学思想家，而且象波雷里那样比较严肃的生物学家也纷纷试图建立一种生物力学，它把活有机体、甚至人体看做不过是自动机或者机器而已。

(395) 一、植物学：植物书

在近代之初，植物学的进展尤为引人注目。习惯上一向认为，提奥弗拉斯特、普林尼、第奥斯科里德已经对植物界作了详尽无遗的研究，所以人们言必称这三位先贤。当这重新唤起的对大自然的兴趣促使人们去直接观察周围的植物时，这个默契很快就被抛弃了。人们马上发现，有许多种植物是这些古人所不知道的，或者至少他们未研究过。因此，人们把兴趣集中在几种特殊的植物群上面，在所谓的植物书中对它们作了详尽的描述，并配以插图。随着木刻插图艺术的发展，文字描述的技巧也在提高。虽然植物描述和图示艺术的这种进步本身乃是周密观察的结果，但它反过来又促进了周密注意细节的技巧进一步改进，结果是植物群的分类更加精确，植物间的亲缘关系也得到更好的了解。推动这种进步的主要研究者中，有布伦费尔斯、博克和富克斯，他们三人做了大量工作，表明不同的地理区域有不同的植物群，因而提奥弗拉斯特、普林尼和第奥斯科里德所知道的植物就不同于中欧的植物群。

植物园

在古代和中世纪已经出现了在专门的园子里栽培药用植物，而不到野外去采集的习俗。十四世纪时萨莱诺和威尼斯已有这种园子。但是，它们完全是为医术服务的。它们不是严格意义上的植物园。只是到了十六世纪中期，一些大学才把植物学作为科学的一个独立于医术的分支来研究，于是植物园便作为一个必不可少的植物学教学手段而出现了。帕多瓦和比萨两所大学率

先置办了这种植物园。比萨的那个是美第奇家族出资办的，他还为这个植物园从东方搞来了一些植物和种子。富商科尔纳罗家族和莫罗西尼家族慷慨解囊在威尼斯也置办了一个类似的植物园，他们凭借全世界的关系而把它搞成了一个有代表性的植物库。意大利的榜样自然激起其他国家也对植物园发生兴趣。结果是在十六世纪(396)里各个著名城市，例如蒙彼利埃、伯尔尼、斯特拉斯堡、安特卫普、尼恩贝格都出现了许多植物园。这些植物园有的附属于大学，有的属私人所有。也是在十六世纪里，流行起把植物压榨后再粘贴在纸上制成植物标本的风尚。

克鲁西乌斯和洛贝利乌斯

近代初期最伟大的植物学家是安特卫普的克鲁西乌斯或勒克鲁斯（1525—1609）。荷兰当时一般地在商业和工业方面以及尤其在园艺方面已享有重要地位。克鲁西乌斯曾在维也纳度过几年，掌管帝国公园；他还研究匈牙利的自然史。他最后就任莱顿大学的自然史教授。他对法国、西班牙和葡萄牙作过一次科学考察，并于1576年发表了对这个半岛上的罕见植物群的记述。1583年，他发表了关于东欧的罕见植物群的论著，其中搜集了他在奥地利和匈牙利的研究成果。1605年，他发表了对勒旺岛和印度的植物的描述。他的描述总是配以精美的插图。当然，他的事业只是在其他旅行家和研究者的帮助下才得以维持。他最主要的合作者是马蒂亚斯·德·洛贝耳或洛贝利乌斯（1538—1616），今天某些供观赏的花卉（Lobelias）〔半边莲属〕就是纪念他的名字。他出生于荷兰，终老在英国。他在英国掌管伊丽莎白女王和詹姆斯一世国王在位时的皇家公园。洛贝利乌斯表现出对植物的天然亲缘关系有一定的识别能力。他辨认出了禾本科植物、百合属植物和兰科植物等天然类群。但是，由于他把叶子的形状作为划分的基础，结果作了一些错误的分类，例如把蕨类植物和某些单子叶植物划归同一类群。

马蒂奥利

当中欧的植物学家忙于考察他们环境中的植物群时，十六世纪的意大利植物学家主要还在从事对古代植物学论著的解释工作。然而，他们很快就发现普林尼和第奥斯科里德只提到了为数很少的意大利植物。于是，意大利特别是北意大利的植物学家也(397)转向注意研究当地的植物群。他们特别注意南阿尔卑斯山例如蒙特巴尔多地区的石灰质地层的异常丰富的植物。十六世纪的意大利植物学家中间，最杰出的是皮埃特罗·安德列·马蒂奥利（1501—77）。他是最伟大的第奥斯科里德著作评论家，在鉴别古代著作家所提到的植物方面表现出卓越的洞察力。但他不止是个书呆子。他还是个敏锐的观察者 and 热心的搜集者。他以关于大量新的植物品种的知识丰富了植物学这门科学。他的《评第奥斯科里德》（Commentaries on Dioscorides）（1544年）产生了广泛的影响。

博欣

植物学的这些新趋势在博欣的著作中达到顶点，他提出了一种植物的自

然分类法来取代当时习用的那种极为粗浅的人为分类法。卡斯帕尔·博欣（1560—1624）生于巴塞尔，一度在帕多瓦大学当法布里修斯的学生，研究德国、意大利和法国的植物群。他发现过许多新的植物品种。但是，他对植物学做出的更为重要的贡献是：对各种各样植物作了详尽无遗的特征扼述；提出了双名命名制；按照植物的相似性对它们分类；清理了到那时为止植物学家们所使用的不计其数的同物异名。这最后一项可以首先来讨论。如同上面已经指出的，对植物学兴趣的复兴，导致发现大量植物学家以前所不知道的欧洲和非欧洲的植物。事实上，新的植物在数量上大大超过古人所知道的和描述过的植物。这些新植物的命名没有任何一致的或者公认的指导原则。有时纯属武断地把旧名称用于新植物。于是，不同著作家往往用不同的名称于同一种植物，以及用同样的名称于不同的植物。结果造成了语言上的混乱，而这似将阻碍一切进步。博欣的伟大功绩在于他在1623年发表了他的一部有关植物之同物异名的详尽专著（*Pinax theatri botanici*, Base1），从而结束了这种嘈杂混乱的局面。在这部著作中，他研讨了各个植物学家所应用的全部纲名，涉及他所知道的大约六千种植物，从而使得植物学讨论能够明确清楚地进行，人们彼此能相互理解。这本书在三百多年后的今天仍在植物学文献中占有重要地位。然而，博欣不止是纠正了前人和同时代人造成的混乱。他还为植物命名和描述的方法树立了一个楷模，由此避免了植物学文献中将来重新再出现类似的混乱。他发展了非常简洁明了的描述植物的技巧，他所提供的植物特征的简述使人们能够很容易地辨认出植物。每个描述尽管十分简短，但包括了所论植物的每一部分。植物形状和尺寸、其根茎的分布、叶子形状、花、果实和种子的性状——所有这一切只用大约二十行以内的字句作了精当的描述。而且，他还审慎地区分开了属和种（纲及其亚纲）。每个种通常都给予一个由属名和种名构成的双名，例如 *grdmen caninum*（匍匐冰草？）、*lilium album*（白百合）、*ranunculus montanus*（山毛茛）。双名命名制（纲名制）后来为林奈加以完善。

博欣按照植物在全部主要特征上的相似性来对植物进行分类，这隐含地表明他比洛贝利乌斯的分类法更进一步地认识到植物之间的亲缘关系，但是他用以命名和协调各种植物类群的方法还不够清楚明确。象洛贝利乌斯一样，他首先把禾木科植物作为最简单的开花植物。接着他研讨百合属植物，然后是最重要的草本植物、隐花植物，最后是乔木和灌木。象洛贝利乌斯一样，博欣也没有认识到厥类植物的独特性状。当然，他的分类有时是错误的，例如他把显花的（开花的）浮萍和藓类植物归为一类，或者把海绵和海藻归为一类。但是，有鉴于下述事实，这种错误是在情理之中的：显花的和隐花的（无花的）植物直到很久以后才为人们所认识，而 *zoophyte*〔植物动物〕的性状也是直到十八世纪才为特伦布利所发现。博欣花了四十年时间写作这部伟大著作，在它出版后一年即1624年死去。

舍萨平尼

同上述走向植物自然分类的趋势相反，意大利植物学趋向人为分类，它在一定程度上采用按照亚里士多德逻辑的先验划分方法，主要注意植物果实的性质。这种分类法的主要优点是对于各种实用目的很为便利，而比较自然的分类法虽然比较合乎科学，但不怎么适合于实用目的。当时最杰出的意大

利植物学家是安德列·塞萨平尼或舍萨平尼（1519—1603），他的著作《论植物》（on(399) Plants）于1583年发表。这部著作所描述的各种植物，在两个重要方面不同于普通植物书中的介绍。首先，舍萨平尼并不局限于说明一种植物的习性，而是还详细地描述它的各个部分，特别注意它的传粉器官。其次，这些描述还以对植物一般本性的哲学考查为导引。这部著作第一册的引言中所提出的这些理论考查的各个主要原则都带有亚里士多德派的倾向。植物只赋予那种为营养、生长和繁殖所必需的灵魂，因此它们的器官远比还能够运动和感觉的动物为简单。植物性或者植物灵魂的功能是利用营养维持个别植物，利用繁殖延续物种。因此，一棵植物有两个部分：借以获取养料的根（养料据认为已消化在土壤中）；支承果实的茎。他选择果实作为他进行分类的基础，因为果实的性状显得比根更为稳定。有些低等植物例如地衣和蕈似乎没有受精器官，因此舍萨平尼也依着亚里士多德认为，这些植物是从腐败物质中通过自生而产生的，因而它们所需要做的只不过是摄取养料和生长。它们标志着从无机界向完全植物的过渡阶段，正象植物和动物之间的过渡阶段一样。

舍萨平尼对十七和十八世纪的植物学发展产生很大影响，他的观点在林奈的工作中发展到顶点，后者从根本上完成了基于人为分类法的系统植物学之发展。

荣吉乌斯

在十七世纪里，科学的植物形态学产生了。吕贝克的约阿希姆·荣吉乌斯或荣格（1587—1657）沿着这个方向迈出了第一步。他在帕多瓦大学学习，最后在汉堡定居，当一所学校的校长。荣吉乌斯信奉德漠克利特的原子哲学，积极而又能干地提倡自由的科学探索。他生前没有发表过任何东西。但是当他的著作在他死后问世时，立即不仅在德国，而且还在英国和瑞典都产生了影响，雷和林奈分别在这两个国家对这些著作给予高度的评价。事实上，雷在1660年已经读过有些荣格著作的手稿。荣吉乌斯最主要的植物学著作（*Isagoge phytoscopica*, 1678）完成了两件事情。第一，它(400)创造了一套适合描述植物各部分和过程的科学术语。这种术语今天已证明是合适的，至少有一部分还沿用到了今天。例如，一些用来表述各种花序名称的术语目前仍在应用：*spica*〔穗状花序〕（直接从茎生长的花丛）*panicula*〔散穗状花序〕（疏散的花丛）*umbella*（伞形花序）（从茎的同一高度处长出的花丛）*corymbus*〔伞房花序〕（从茎的不同高度处长出的花丛）和许多其他花序，这些术语的现行定义都溯源于荣吉乌斯。其次，荣吉乌斯率先注意茎生叶随着其离地面距离的增加而发生的形状变化。他还明确地区分开并命名了单叶和某些复叶，后者常被误认为是枝。并且，荣吉乌斯还十分完备地描述了花的形态，虽然他并不知道植物的这种性征的本质。根据花的形态不同，他明确地划开这样一些类别：*compositae*（雏菊科）*labiatae*（唇形科）和 *leguminosae*（豆科）。他对植物形态学的各个基本概念所作的清晰的阐明，也帮助了更好地对植物进行分类。气味、口味、颜色、药效等特性以及类似的次要属性，荣吉乌斯都一概不予考虑，因为它们不适用于植物的科学分类；他对当时仍在流行的把植物分成乔木、灌木和草本植物的习惯嗤之以鼻。他的命名法主要仿照博欣提出的那种双名制。

莫里森和约翰·雷

罗伯特·莫里森(1620—83)和约翰·雷(1628—1705)这两位英国植物学家把博欣和荣吉乌斯的工作向前推进了一步。莫里森对博欣的著作做了彻底的批判。指出了他的分类方法中所存在的各种错误。1672年,他发表了一部关于伞形花序(欧芹科)的著作。这似乎是第一部详细研究一类植物的长篇专著。在这部书中,他对伞形花序植物又按照它们果实的性状作了一系列的迭分。约翰·雷效法博欣,把他那个时代的所有植物学知识汇编成一部包罗万象的著作《植物史》(*Historia plantarum*)(1684—1704年),其中述及一万九千种植物,分成一百二十五个纲或者类。这部著作的形态学部分紧密遵循荣吉乌斯所奉行的路线。雷的工作所以值得一提,是因为它第一次列举了重要的植物自然类群或者目。首(401)先是藻类、藓类、蕨类和海洋植物(包括海藻和植物动物)等不完全植物。开花植物划分成单子叶植物和双子叶植物。单子叶植物中,禾本科植物研究得最透彻,按总的性状进行了系统的分类。棕榈、百合科和兰花都归入单子叶植物。labiatae〔唇形科〕、leguminosae〔豆科〕和 compositae〔雏菊科〕都已在雷之前证认出。然而, cruciferae〔十字花科〕、rubiaceae〔茜草科〕、asperifoliae〔勿忘草科〕和其他各种植物科都在这个系统的植物分类制中占有指定的位置。

里维努斯

莫里森和雷认为把果实的性状作为开花植物的分类基础非常重要,但是德国植物学家里维努斯(亦名巴赫曼,1652—1725)却宁肯注重花瓣的数目和连接。里维努斯还采取了添加一个适当的专门形容词的方法而把属或者较宽的纲的名称纳入种或者亚纲之中,后来林奈把这种做法系统地贯彻到底。

土尔恩福尔

这个时期法国最伟大的植物学家是 J.P. 德·土尔恩福尔(1656—1708),他是植物园的教授(从1683年起),以研究希腊、北非和小亚细亚的植物群著称。象里维努斯一样,他也根据花冠的性状对开花植物进行分类。他因而区分开带花瓣的(有瓣的)植物和不带花瓣的(无瓣的)植物;有花瓣的植物又分为单个花瓣的(合瓣的)植物和多于一个花瓣的(离瓣的)植物。他归于合瓣植物的有 campanulaceae〔钟状植物〕(风铃草等等)和 labiatae〔唇形科〕,它们的花冠是单一的;他归于离瓣植物的有 cruciferae(十字花科)、rosaceae〔蔷薇科〕(蔷薇花等等)、papilionaceae〔蝶形植物〕(荆豆、三叶草等等)。把这些区别同别的区别例如分为乔木、灌木和草本植物这种通常的区别相结合,土尔恩福尔建立起了一个有22个纲的系统。这个人为的系统主宰了十八世纪头几十年里的植物学,(402)直到为林奈提出的分类法所取代。就一个方面来说,土尔恩福尔的工作是反动的,因为他的分类法没有象应该的那样认识到某些综合的自然类群,即隐花植物、单子叶植物和双子叶植物。

二、动物学

动物学的情形和植物学相仿。地理发现旅行等活动揭露了古代动物学论著所没有提到的许多事实，这激发了人们独立地观察和研究事实的欲望。新动物学的先驱是格斯内和阿德罗范迪。

格斯内

康拉德·格斯内（1516—65）是瑞士博物学家。他居住在苏黎世，但他设法以某种方式同全欧的科学工作者保持密切联系。他关于动物学的著作（*Historia animalium*, 1551—87）足足有对开本的五大卷，完备地（如果不是系统地）记叙了他那个时代所知道的一切动物，从而为动物学的进一步发展提供了材料。他的描述明确而又清晰，并且配有大量插图，有些图颇有独到之处，许多图均给人以深刻的印象。对自然界的新的热衷态度在格斯内身上表现得非常显著，他对植物和动物都感兴趣，还对山岳表现出当时罕有的喜爱。

阿德罗范迪

乌利西·阿德罗范迪（1522—1605）是意大利同格斯内对等的人物。他出生于波洛尼亚。1567年他在那里建立了一个植物园，任首任园长，后来舍萨平尼继任第二任园长。象格斯内一样，阿德罗范迪也试图写作一部关于动物学的百科全书式著作。1599年，他发表了一部三卷集的研究鸟类的著作。1602年，他又发表了关于昆虫的著作。他的全部著作有十三卷之多。阿德罗范迪对动物生活的描述不如格斯内全面；但他比较注意以解剖学的考虑作为分类的根据，从而大大接近于科学的动物学。

沃顿

在格斯内著作的第一卷出版的翌年，而在阿德罗范迪著作问世好多年前之前，一个英国动物学家试图对动物进行比他们两人都更为有系统的分类。这就是牛津大学的医生和博物学家爱德华·沃顿。1552年，他发表了一部拉丁文著作《论动物的差异》（*On (403) the Differences of Animals*），他在书中概述了动物机体及其各个部分，并根据自然亲缘关系，基本上采取亚里士多德的动物分类方法对动物界作了全面的考察。

贝隆和朗德勒

法国博物学家贝隆（1518—64）和意大利的朗德勒（1507 - 66）两人是古典动物学的评注家。他们两人都试图根据亲身观察来证实古人描述的形态，为此他们重新考察了地中海区域的动物群。他们关于这个专题的书纯属动物志性质，因为他们所描述的那些动物的自然分类或者亲缘关系的问题尚未着手研究。贝隆关于他在地中海考察的结果的书发表于1553年，《鱼的历史》（*A History of Fish*）发表于1551年，《鸟类的历史》（*A History of*

Birds) 发表于 1553 年。朗德勒集中研究地中海的海洋动物, 于 1554 年发表了著作《水生动物》(Aquatic Animals)。

在他的《鸟类的历史》中, 贝隆比较了一只鸟的骨骼和一具人的骨骼(图 198)。然而, 除此之外, 他或者他的博物学评注家同行都没有继续使用这种已为亚里士多德所使用过的比较的研究方法, 他们也没有试图根据这种方法进行分类。相反, 象普林尼那样, 他们在排列次序上仅仅追求方便和遵从大众的习惯。因此, 贝隆在他的《鸟类的历史》中研讨篇幅; 朗德勒的书《水生动物》则把诸如甲壳纲、软体动物、鲸、海豚和鱼这些各不相同的类型放在一起描述。

图 198—鸟和人的骨骼的比较对应的骨头用同样的字母指示

维萨留斯

与此同时, 解剖学的研究也在取得进展。在整个中世纪里, 解剖学研究受碍于禁止或者反对解剖, 因而始终未取得进步。在不能直接观察人体结构的情况下, 医学研究者和其他生物学家不得不主要依靠引经据典, 主要是盖伦的著作。然而, 解剖的机会逐渐地虽然是缓慢地来临了。在十三世纪, 开明的皇帝弗里德里希二世对解剖学研究发生兴趣, 并允许解剖人的尸体。在随后的几个世纪里, 为了医学和纯粹科学的目的, 这种解剖进行得越来越频繁。及至十六世纪, 解剖学的研究终于从仅仅仰赖盖伦的权威而正(406)确地转移到依据直接观察。解剖学的这种新的科学研究的奠基人是比利时的维萨留斯(1514—64), 他的工作将在下一节里论述。他于 1543 年出版的《论人体构造》(On the Structure of the Human Body) 是一部革命性的著作。通常对微观宇宙和宏观宇宙的想象以及对人体和天体或者宇宙其他部分的各个部分之间的类似和联系的那些徒劳的探索, 在这部伟大著作中都只字未提。相反, 对人体及其各个部分的实际构造却都作了清晰而又注重事实的描述; 今天, 人们不时通过同低等动物相应部分的比较来阐明这种描述。

约翰·雷

动物学的进一步发展沿着多少跟植物学相似的路线进行。人们广泛收集新的研究材料, 并仔细地加以观察和描述。专门化发展到了这样的程度: 各别研究者有时仅满足于详细研究某一类动物。这样, 到了十七世纪中期, 分别论述巴西和东印度群岛动物群的专著问世了。象植物学一样, 动物学也经历了收集材料的时期代之以系统分类的时期这种变迁。这种相似部分地是由于至少在某种程度上, 同一些研究者既对植物学也对动物学的研究发生兴趣, 他们试图在这两个领域里都进行系统的分类。约翰·雷尤为如此, 他在植物学方面的工作上面已经提到过。

约翰·雷对大不列颠、法国、德国和意大利的动物群和植物群都作过仔细的研究。1693 年, 他发表了《四足动物分类纲要》(Syn-opsis methodica animalium quadrupedum), 我们在这书中看到最早的对动物的真正的系统分类。雷开始时先按亚里士多德把动物划分成有红血的动物(脊椎动物)和无红血的动物(无脊椎动物)。脊椎动物然后又分成通过肺呼吸的动物和通过

鳃呼吸的动物（即鱼）。前者又分成胎生动物和卵生动物（爬行动物、鸟类）。胎生动物又按其牙齿或者脚趾的性质再分类。于是，例如他把有蹄的动物（有蹄动物）和有爪的动物（有爪动物）区别开来。有蹄动物又分成具有单蹄、双蹄和四蹄几种；而有爪动物又分成两爪的和五爪(407)的等等。并且，雷还最早提出关于生物学“物种”之本质的明确概念。在他的《植物史》(History of Plants)(1686年)里，他断言：“不同物种的形态始终保持它们的特殊本性，一个物种不会从另一个物种的种子里生长出来。”这个物种概念为林奈所采纳，林奈还汲取了雷的动物分类制的精华。然而值得指出，雷本人与大多数十八世纪生物学家不同，他不认为物种的本性固定不变。因为在上述关于物种的论述之后，雷接着补充说：“虽然这种物种统一性的标志是相当固定的，但它不是不可改变的，也不是一贯可靠的。”除了对系统生物学的贡献而外，雷还由于他认识到化石实际上就是已灭绝动植物的石化遗骸而赢得荣誉。

三、解剖学和生理学

甚至在近代之初，生物学家已经不囿于只注意活有机体的外部特征，而已试图弄清楚它们的内部机构以及它们的发展。这种倾向随着时间的推移愈趋显著，尤其是当显微镜使人观察到许多前所未有的有关动植物各个部分的结构和功能的事实之后。而且，在当时带有明显机械论特征的物理科学的日益增长的影响下，生物学家也试图按照力学定律来解释活有机体的运动和活活动。不过，这个时期里最为重要的解剖学和生理学发现都同血液循环有关。为了恰当地评价这些发现，需要对它们所破除的那些观念有一定的了解。

在许多世纪里，马可·奥里略皇帝的御医盖伦（130—200）的解剖学和生理学观点一直被奉为公认的权威。甚至近代之初的革命派也不能完全摆脱盖伦的影响，因此变革姗姗来迟。盖伦关于心脏和血管的见解这里简述如下。血液在肝脏中形成，被赋予“自然灵气”；血从那里通过静脉流到身体各个部分，再通过同一些静脉流回肝脏——这种运动酷似潮水的涨落。心脏的右心室是静脉系统的一部分。进入右心室的血液，在把它含有的杂质释放到肺(408)里以后，大部分又回到肝脏，其余部分则透过多孔壁（即瓣膜）而进入左心室，在那里同来自肺的空气相混合，转变成一种更为精细的物质，称为“活力灵气”。这些活力灵气通过动脉传送到身体各个部分包括脑。进入脑的活力灵气在那里精炼成“动物灵气”，神经（想象为空心的管子）把它们遍布整个人体。这各种各样“灵气”的捉摸不定的、半物质和半精神的状况给处于困境的医生带来便利，但对医学科学的进步造成了障碍。

厌恶独尊的权威，嫌弃唯经典是从而崇尚对事实作客观的研究，这些都象征着近代的曙光。这两种倾向支持对盖他的观点作批判改造。带来这些变革的人主要是维萨留斯、塞尔维特、法布里修斯和哈维。变革是缓慢而逐渐地进行的，因为这些改革者那么深沉地迷恋于盖伦的思想，以致他们无法完全放弃这些思想；但是变革终究来临了。中世纪普遍厌恶直接研究自然现象，因而趋向依赖书本的权威。这种状况在血液循环问题上也许比在解剖学和生理学领域里更为显著。因为在这个领域里，宗教或道德的顾忌和某种厌恶感联合起来反对直接研究动物机体，尤其是人体。因此，亚里士多德和盖伦的权威几乎是至高无上的。然而，这种状况迟早必定要终结，即便仅仅因为这

些研究同医学和医治人体继承的成百上千种疾病之取得成功有密切关系。所以，从十三世纪起，解剖人体的做法逐渐明显地恢复。在十四世纪里，这种直接研究人体解剖学的做法在一定程度上已经成为意大利各个医学流派的习惯。十五世纪出现了一切时代最伟大的解剖学家之一列奥那多·达·芬奇。他的 750 幅解剖素描是他在这个工作领域的天才的明证。1489 年，他实际上计划写一部关于人体的专著。但不幸的是，这个计划没有实现，他的解剖素描也直到十九世纪末二十世纪初才发表。即使没有发表之便利，列奥那多可能也已对人体解剖学的发展产生了影响。不过，实际上是维萨留斯复兴了对解剖学的直接研究，发起了对生物学领域里的独尊权威进行攻击，引(409)入了新的方法和仪器以有效地进行解剖学和生理学研究。

维萨留斯

安德烈亚斯·维萨留斯(1514—64)生于布鲁塞尔，在那里以及卢万，巴黎和帕多瓦等大学求学。他于 1537 年任帕多瓦大学的解剖学教师。维萨留斯打破当时由没有专门技能的理发师外科士作解剖示范的惯例，他亲自给学生展示人体的各个部分。虽然他和学生所使用的是盖伦的权威教科书，但他仍毫不犹豫地在他所考察的实际人体上指出同盖伦著作相矛盾的地方。1543 年，也即哥白尼的革命著作问世那年，维萨留斯发表了他的伟大著作《论人体构造》(De humani corporis fabrica)。这部书当然遭到了非难。维萨留斯于是不得不离开帕多瓦去西班牙，在那里他先后当了查理五世皇帝及其继承人菲利普二世的御医。他逐渐对宫廷生活感到厌倦。1563 年，为了离开西班牙宫廷一段时间，他去耶路撒冷朝圣，途中又重访帕多瓦。在从巴勒斯坦返回时，他得了病，遂在赞特的爱奥尼亚群岛登岸，不久就病死在那里。

图 199—安德烈亚斯·维萨留斯

和哥白尼的著作同年发表的维萨留斯的伟大著作《论人体构造》也是一部划时代的著作，但范围比哥白尼的天文学著作狭窄；正因为它在影响人的世界观方面没有那么深远，所以它产生影响比较快。这部人体解剖学的伟大典籍并不怎么革命，虽然它也遭到非难。论述的程序基本上仍沿袭传统的做法。首先论述骨骼，然后依次是肌肉、血管、神经、腹部和胸部内脏，最后是脑。主要思想基本上也是传统思想。其中有亚里士多德的观点：食物在腹腔中烹调，呼吸使血液冷却；也有盖伦的观点：心脏和肝脏在维管系中起作用，等等。这部书最有独创性的部分也许是最后一章，他在其中介绍了他的活体解剖方法。他用的方法和器械都是新颖的、划时代的。它们在很大程度上仍是现代解剖技术的基础。不过，他在解剖学的细节方面作出了许多发现，抛弃了几百个过去的错误。而且，维萨留斯特别重视他著作中的插(410)图，而这正是解剖学和生理学研究中的一个特别重要的问题。蒂先的一个有才华的门徒在维萨留斯的指导下所绘制的一些图版，今天看到它们的人仍然叹为观止。在维萨留斯纠正的盖伦的许多错误中，有一个我们现在特别感兴趣。如上所述，在盖伦看来，两个心室之间的中隔或者说壁是多孔的，因此一部分血能够透过它而从右心室跑到左心室。维萨留斯断然拒绝这个思想，他说：“在我看来，心脏的中隔跟心脏其余部分一样厚实致密。因此，我无法想象哪怕是最小的微粒怎么能够从右心室通过中膈到达左心室。”而且，他画的

门循环的略图也表明了动脉和静脉的微细端未在人体组织内那样密切接近的情形，并且他对门静脉和腔静脉的说明也是十分清楚地指出，“这些静脉的最微小的支脉都彼此连合，在许多地方看来还结为一体而呈连续状，”以致人们不禁感到奇怪，他怎么没有猜测到血液是循环的。然而，他毕竟没有猜测到。迈出认识血液循环的下一步的是塞尔维特。

图 200—维萨留斯绘制的一幅图版（人体的肌肉）

塞尔维特

图 201—迈克尔·塞尔维特

迈克尔·塞尔维特（1511—53）是西班牙阿拉贡地方的人。他在巴黎大学就学，和维萨留斯是同学。他因狂热拥护唯一神教派而同新教和天主教这些当权的教派冲突。他逃过了异端裁判所的法网，但落入了加尔文的魔掌，加尔文后来把他处以火刑，他的《基督教的复兴》（Restitutio of Christianity）也一起悉数付诸一炬。正是在这部著作中，塞尔维特连带阐述了血液的肺循环即小循环学说。其中一个重要的段落写道：“我们为要能够理解血液为何就是生命所在，那首先就必须知道由吸入空气和非常精细的血液所组成和滋养的那活力灵气是怎样产生的。活力灵气起源于左心室，肺尤其促进其形成；它是一种热力所养成的精细的灵气，浅色，能够燃烧……。它是由吸入的空气和从右心室流向左心室的精细血液在肺中混合而形成的。这种流动不是象一般所认为的那样经过心脏的中膈，而是有一种专门的手段把精细血液从右心室驱入肺（411）中的一条直通道。它的颜色变得更淡，并从肺动脉注入肺静脉。在这里它同吸入的空气相混合，其中的烟汽通过呼吸清除掉。最后同空气完全混合，并在其膨胀时被左心室吸入，这时它就真成为灵气了。”塞尔维特的书只有二三本幸存下来，因此很难估价这些有关中膈不可透过性和血液从心脏右边通过肺循环到左边的新观点所产生的影响。帕多瓦的吕亚尔都斯·哥伦布（1516—59）在1559年也表示过类似的观点。哥伦布未提及塞尔维特的这部宣传左道邪说的著作，但这并不证明他不知道这部著作。非常可能的是，如果塞尔维特没有浓厚的神学意识，或者如果加尔文不是那样狂热，那末，系统血液循环学说和随之而产生的一切生理学进步本来可能要早半个世纪出现。

法布里修斯

图 202—哲罗姆·法布里修斯

法布里修斯又迈出了朝向完全发现血液循环的一大步，他发现了静脉中的瓣膜，但是他不明白它的作用。哲罗姆·法布里修斯（1537—1619）生于阿夸彭登特的托斯卡村。他在帕多瓦大学教了64年书，对生物科学，尤其是胚胎学和肌肉活动力学作出了许多重要贡献。1603年，他发表了著作《论静脉瓣膜》（On The Valves of The Veins），他在书中描述了静脉内壁上有小的薄膜，它们朝心脏的方向打开，但朝相反方向则关闭。他指出，如果在肘部上面把一条手臂绷起来，那末静脉就肿胀，而瓣膜突起成“结”或者突隆。他这样解释这种现象：瓣膜阻滞了血液的流动，以使组织能够有

时间吸收必需的养料；瓣膜还防止血液流动极不规则，否则可能使养料全部为身体的一个部分所吸收。他没有看到瓣膜的真正作用是影响血液循环本身，因为他仍然师承盖伦而相信，血液运动是一种涨落，静脉把新鲜血液从肝送到组织，把陈旧的血从组织带回肝脏。真正的解释是法布里修斯的一个学生哈维发现的。

哈维

威廉·哈维（1578—1657）生于福克斯通，在剑桥大学受教育。1597年，他去到帕多瓦大学，在法布里修斯指导下学医，直到1602(412)年。值得指出的是，哈维在帕多瓦就学期间，伽利略在那里任教。1602年，哈维定居伦敦开业行医，最后弗兰西斯·培根也成了他的私人病员。1607年，哈维被选为皇家医学院院士。两年以后他任圣巴塞洛缪医院的内科医生，1615年任皇家医学院的解剖学讲师。1616年即莎士比亚去世那年，哈维在学院讲授了第一门课程，其中已经概略地勾勒了他的血液循环理论的大纲，虽然他的书《论心脏和血液的运动》(On the Movement of the Heart and the Blood)直到1628年才发表。1632年，他被任命为查理一世国王的御医，因而在后来的内战中遭了殃，住宅被洗劫，手稿、图表和收藏的解剖标本都被毁掉。1648年国王投降以后，哈维返回伦敦，过隐退的生活。1651年，他发表了著作《论动物的发生》(On the Generation of Animals)。三年以后，皇家医学院表示要他当院长，但他谢绝了，虽然他遗嘱把他的财产捐赠给该学院。他被认为是这个机构的光荣，还在他生前就在学院大厅里竖立了他的塑像。

图 203—威廉·哈维

前臂正面的静脉（哈维的《练习》(Exercitatio)中的一幅插图

在他给《论心脏和血液的运动》这本书写的《序言》中，哈维表达了维萨留斯和伽利略所代表的新时代精神。他说道：“我信奉不是从书本，而是从解剖来学习和教授解剖学；不是从哲学家的观点，而是从自然结构来学和教。”然后他批驳了有关心脏、动脉、静脉和血液等问题上的流行的错误观点，解释和论证了他自己的系统血液循环观点。

哈维的一些最重要的观点可以简述如下。心脏是一块中空的肌肉，它的特征运动是挛缩（收缩），继之以被动的扩张（舒张）。收缩把在心脏扩张期间进入心脏的血液从心脏排出；这些收缩的规则重复使血液保持在血管中运动。这种机械的解释立即就驱除了各种“灵气”，人们通常都乞灵于它们来解释血液的运动。其次，心脏在半小时里所推动的血液之数量超过整个人体在任一时刻所包含的全部血液。如果不是设想从心脏排出的血液在相当短暂的时间里返回心脏，这一点就不可能得到合理的解释。有充分的观察和实验证据表明，血液一刻不停地作连续循环运动。血管系统中(413)的各种瓣膜保证这种运动沿一个方向进行。剖切和结扎的放血实验表明，动脉中的血总是沿离开心脏的方向流动，而静脉中的血总是沿朝向心脏的方向流动，因此有理由认为，血液从心脏到动脉，从动脉到静脉，再从静脉回到心脏连续地循环，如此流动不息，直至生命结束。

附图（图 204）有助于我们认清人体全部血液怎样循环。

心脏有四个腔，即两个心房和两个心室。当左心室收缩时，其中的血被推动通过瓣膜而进入称为主动脉的大动脉。从那里它通过较小的动脉等等，直至进入静脉，然后通过称为腔静脉的大静脉进入右心房。当这心房收缩时，其中的血被推动通过瓣膜而进入右心室，再通过肺动脉进入肺。血液从肺通过肺静脉进入左心房，由此再次进入左心室；这整个循环过程重复进行。可见，人体中的全部血液沿着图示的方向循环：只对这个方向打开的瓣膜阻止血液沿相反方向流动。这就是哈维的血液循环概念。

哈维的血液循环理论不无缺陷；但这些缺陷大部在十七世纪里得到弥补。例如哈维不知道动脉的末端和静脉末端联结的确切情形；但在 1660 年，马尔比基观察到血液流过连接这两类血管的毛细血管，这个发现后来又为列文霍克所证实和扩充。另外，哈维还多少墨守血液是由肝脏用所消耗的食物通过某种方法制造出来的这种陈见，不过他对这个问题的认识还比较模糊。1651 年，让·佩克表明乳糜（一种乳液）怎样由乳糜管导入胸导管，由此再通过颈静脉和锁骨下的静脉两者在颈跟处的接合部而进入血流。约过了一二年，乌普萨拉鲁德贝克和哥本哈根的巴塞林发现了淋巴管，这种导管系统类似乳糜管，但它们所包含的液体（淋巴液）是无色的，这种液体被排入静脉。1659 年，弗兰西斯·格里森详细说明了肝、胃和肠的解剖学。1656 年，托马斯·沃顿仔细说明了胰(414)腺、肾、甲状腺和其他各种腺体。他拒绝笛卡尔认为松果状(415)腺体是灵魂之居处或者器官的观点，而坚持认为它仅仅排出脑所产生的废料。1664 年，托马斯·威利斯发表了对神经的实验研究，表明了它们对心和肺的影响。所有这些发现都从某一方面帮助人们对血液循环理论有新的认识，并且大大扩充了这个理论的范围，提高了它的重要性。最后，虽然哈维对血液在肺中所经历的变化还没有确切的认识，但玻义耳、胡克、洛厄和梅奥等人的化学工作（见第十五章）在一定程度上澄清了这个问题。不过，对这种变化的完备解释直到拉瓦锡时代才找到。

图 204—血液循环的示意图 [采自 C. 辛格的《血液循环的发现》(Discovery of the Circulation of the Blood)]

如上所述，哈维还写过胚胎学方面的著作。他的著作《论动物的发生》因提出下述学说而闻名：“一切动物甚至包括人自己在内的生殖话幼仔的动物，都是从一个卵子进化来的。”（或者简而言之：Omnia ex ovo [万物皆来自卵]）。不过，虽然这本书里有迹象表明，已做了非常耐心的观察，进行了深入的思考，但质言之它基本上仍属于亚里士多德的体系，因而其立足点与《论心脏和血液的运动》这部专著大相径庭。这部专著所达到的最高成就是提出了这样的理论：全身的血液由于心脏之类似泵的作用而通过血管系统进行循环。这标志着生理学史打开了一个新纪元，因为这个理论产生了深远影响，开辟了一个新方向，沿此方向人们对健康和患病人体的构造进行了不计其数的研究。并且，通过把血液运动归因于仅仅是心脏肌肉收缩的结果，哈维促进生物学摆脱蒙昧主义。只要生物学使用灵气之类范畴而不是物理和化学范畴，蒙昧主义就一直笼罩着它。诚然，哈维本人决没有完全摆脱同时代人所使用的那种神秘化的语言，他甚至自命为忠诚的亚里士多德派，但他的建树超过自己的认识。

波雷里

图 205—乔瓦尼·阿尔方多·波雷里

在十七世纪试图解释活有机体之力学的人中间，最重要的一位是波雷里。乔瓦尼·阿尔方多·波雷里（1608—79）生于那不勒斯，就学于伽利略一度任教授的比萨大学。波雷里先后在比萨和罗马任教授，1657 年到佛罗伦萨，在西芒托学院工作了十年。继之他到墨西拿，后来由于政治原因，遂于 1674 年被迫离开那里。他一度莅罗马(416)为前瑞典克里斯蒂娜女工服务，最后在一所修道院里终老。他的专著《论动物的运动》(On the Movement of Animals) 在他逝世那年（1679 年）出版。

图 206—肌肉活动的力学

波雷里深受伽利略的影响，把伽利略在数理科学方面的工作奉为楷模。因此，他几乎用同样的方法来研究和解释动物的运动，似乎非借助杠杆、重体等等不可。他的论述从单纯肌肉开始（因为肌肉是动物运动的主要器官），继而转到越来越复杂的器官和器官系统，最后概略他说明了动物的整个可动性。在研究过程中，他不仅充分地研究了诸如行走、跑步、跳跃、溜冰、举重等等人体运动，而且还仔细研究了鸟的飞翔、鱼的游泳甚至昆虫的爬行和蠕动。为了说明波雷里的方法，我们以他对举起一个重体之力学的解释作为例子。这情形示于附图（图 206）。他表明，当肌肉和骨配合动作时，骨起着杠杆的作用，而肌肉所使的力作用于这杠杆的短臂。这样，例如当这臂处于图示的位置时，为支持重体 R 所需要的肌肉力与该重体的比例将跟距离 OK 与距离 OI 的比例相等。因此，二头肌 CF 所使的力必定大大超过该重物在 B 处的拉力。波雷里估计，当这臂保持水平以支持手指上悬挂的一个重十磅的重体时，臂上全部肌肉所使的总力超过该重体好多倍。鉴于他为人坦率，富有洞察力，因此完全可以相信，虽然他以根据力学解释活有机体运动这个观念为出发点，但他仍旧认识到，所有这种运动所依赖的肌肉之收缩和舒张不可能纯粹是机械的，而是还包括复杂的化学过程。这就是说，他认为神经刺激同(417)肌肉之收缩和舒张有一定的关系，当来自神经的液体和肌肉中所包含的血液混和时，肌肉中发生着某种发酵作用。

图 207—软木的细胞结构（胡克的《显微术》中的一幅图版）

四、显微生物学

显微镜的应用使生物学知识的范围在十七世纪里大大扩展。关于显微镜的历史，上而已作过简单介绍（见第五章）。以前用肉眼不能完全观察到的有机体和有机体的各个部分，现在可以借助单显微镜和复显微镜加以仔细研究，作出完备的描述和切实的图示。最早借助显微镜进行的生物学观察似乎是伽利略在 1610 年或者更早的时候做的，他研究了小动物的运动和感觉器官以及昆虫的复眼。1625 年，弗兰西斯科·斯蒂留提发表了根据显微研究对蜜蜂解剖等的说明。哈维看来曾应用某种放大镜研究心脏。他在其《论心脏和血液的运动》（1628 年）这部著作中曾有两次提到这种透镜的应用。其中的一段话这里很值得录引，因为它举例说明了这种新仪器能够扩大视界。

“我已观察到，几乎所有动物都有一个心脏——不仅（象亚里士多德所说）大的红血动物，而且小的淡血甲壳纲和水生贝壳动物，例如蛞蝓、蜗牛、贻贝、虾、蟹、蜾蛄等等，都有心脏；而且，借助放大镜，我自己，还让许多别人，看到甚至蚂蜂、大黄蜂和苍蝇等也都在所说的尾巴之上部有心脏在跳动”（上引著作，第四章）。胡克、格鲁和其他一些人也对生物现象做过很有价值的显微研究。不过，十七世纪最重要的显微生物学家是马尔比基、列文霍克和施旺麦丹三人。他们在这个新的而又非常重要的生物学领域里的工作不仅在十七世纪里无出其右，而且一直到十九世纪始终保持无与伦比的地位。

马尔比基

马尔切洛·马尔比基（1628—94）出生于波洛尼亚附近的卡瓦尔库奥累。1656年，他就任比萨大学医学教授，在那里同波雷里结为知交。1662到1666年间，马尔比基在墨西拿执教，1666到(418)1691年间，在波洛尼亚执教。1692年，他被任为教皇英诺森十二世的私人医生，如此度过他在罗马的最后几年。马尔比基的著作主要是一些呈交伦敦皇家学会发表的论文。他曾于1668年当选为皇家学会会员，还曾把自己绘制的蚕和小鸡的图的原作呈送给该学会。

马尔比基抱着这样的信念研究低等有机体：这研究将能揭示高等动物的本质。出于这种信念，凡是可能的地方，他都应用比较方法。他是通过研究蛙的肺而发现，并不象通常所认为的那样，肺不是空气和血液在其中混和的均匀组织，而是包含气泡，并且有隔膜总是把血液和空气隔开，以使它们在肺中不直接接触。1660年，马尔比基在进行这些研究时首次发现血液流过包埋在蛙肺中的毛细血管，它们把动脉和静脉连接起来。后来他又在蛙体的其他部位也发现了毛细血管。当然，这些关于完全血液循环的重要观察只有借助显微镜才得以进行；但这在很大程度上也要归功于马尔比基的独创精神，他率先采用在动脉中注入水的方法，由此冲掉血管系统中的血液，使血管看得更加清楚。

图 208—马尔切洛·马尔比基

马尔比基最早专门研究蚕。他从显微镜下的解剖看到，这些小动物有复杂的器官构造，它们通过一个气管系统即遍布全身的极其细微的小管进行呼吸。在蚕中发现这种小管子，使马尔比基对他的下一个发现作了思想准备。这个发现极其清楚他说明了他怎样运用比较方法，怎样利用从类比得到的启示。这个发现系关于植物的解剖学，对这个问题胡克已作出过一个重大贡献，他对植物组织的细胞构造作了显微观察。

有一天他在林间散步，看到一颗树的树枝折断了，折断处周围的一些丝状体引起了他的好奇心。他用袖珍透镜观察到这些丝状体的形状，发现它们同蚕的微小气管相象。这个发现导致他研究植物的比较解剖学，就一切生物的共性提出了许多猜测和设想。这些饶有兴味的猜测之一系关于活有机体的呼吸。按照马尔比基(419)的看法，呼吸器官的大小同有机体的完善程度成反比。有机体越不完善，呼吸器官就越大，而有机体越完善，呼吸器官就越小。例如，植物布满了螺线状气管，昆虫体表覆盖有大量细微的气管，鱼有

许多鳃，而入和高等动物则只有一对很小的肺。关于呼吸的功能，马尔比基提出呼吸以某种方式促进了养料液汁的发酵。

在马尔比基所做的其他显微研究中，可以提到的有：发现皮肤在表皮和真皮之间有一个色素沉着层（现在称为马尔比基层），发现舌上有乳头（即蕾状的内味觉器官）以及发现肾和脾中有某些小体（也以他命名）。

最后还必须特别提到马尔比基对胚胎学显微研究的贡献。马尔比基发展了（阿夸彭登特的）法布里修斯和哈维的胚胎学工作，对小鸡在鸡蛋中的发育做了精细的观察。他在《论小鸡在鸡蛋中的形成》（On the Formation of the chick in the Egg）（1673年）和《孵卵的观察》（Observation on the Incubated Egg）（1689年）两篇论文中详尽记述和图示了这些观察的结果。这两篇论文对后来的胚胎学进步产生了很大影响。

施旺麦丹

简·施旺麦丹（1637—82）在昆虫研究上甚至超过马尔比基。他出生于阿姆斯特丹，父亲是当地一个兴隆的药商，酷爱收集动物标本和其他珍宝。年幼的施旺麦丹很早就醉心于昆虫，自己逐步地收集了大约三千种昆虫。他在莱顿大学学医，在那里他同德格拉夫和斯特诺相会。他一度居留法国。1667年他取得医学学位，但他没有开业。他转行致力于精微解剖学研究，作出了很大的自我牺牲，不仅损害了视力，而且总的健康也受到伤害，结果终于夭折。他生前发表的著作很少。但他死后很久，伯尔哈韦以毕生的精力把他的著作编纂成《自然圣经》（The Bible of Nature）（1737年）一书。

施旺麦丹表现出非凡的手艺和技巧，大大丰富了精微解剖学技术。他制作的微型解剖器械——刀、剪、柳叶刀和解剖刀等要借助放大镜才能研磨。他拉制的细玻璃管，一端细如鬃毛。他用这(420)种管子扩张昆虫等的微细脉管，或者注入彩色液体，以便能更清楚地看到这些脉管。有时他注入熔融的蜡。他还在水下进行解剖，以便能较容易地把解剖开来的各个部分分离开。他用松节油溶解和去除覆盖在他想研究的那部分上面的脂肪。他以卓绝的技巧含辛茹苦地对蜜蜂、蜉蝣、蛙和蝌蚪等等作了描述和绘图。这些成果不仅在当时，而且在以后的几十年里始终都保持领先地位。

在生物学理论方面，施旺麦丹的功绩是反对自然发生的观念。这种观念相信有些生物是从无生命物质产生的。这种广为流传的陈旧信念在没有显微镜的时候，是非常自然的。它认为生命能够自然发生，而且也已经从粘质物、软泥和腐败物质中发生过。甚至连哈维也认为有些低等生物、尤其是某些种类昆虫是从腐败物质经过某种变态而自然发生的，尽管他曾大胆提出“万物皆来自卵”。施旺麦丹激烈反对这种观点。意大利人雷迪（1618—76）也是这样，他坚持说，他考察了据说是昆虫从腐败物质自然发生的情形，他每次都通过显微观察发现，那里原来都有别的这种昆虫存放的卵。施旺麦丹令人惊讶地预言了后来的发现，他力陈，从产生微小活有机体的腐烂物质中，迄今所发生的都是那些在有机物质中发生腐烂的活有机体。他坚持认为，自然界的一切生物都仅以哈维所说的“万物皆来自卵”那种方式从生物中诞生。施旺麦丹比哈维本人更加哈维主义地信奉和应用哈维的这个格言。

列文霍克

热中于应用显微镜而乐在其中的人莫过于安东尼·范·列文霍克（1632—1723）。他生于荷兰的德尔夫特；他没有什么可以称道的学历，一度当过店员。约在 1660 年，他在市政当局里谋得一个卑微的职位，这使他有充裕的余暇花在自己的癖好上面。他完全依靠自学，自己动手做透镜（实际做了几百片），用它们进行观察。他的观察没有计划，凡是使他感到好奇的，他都观察。象马尔比基一样，他也逞送许多论文给伦敦皇家学会。1680 年他被学会(421)选为会员，后来他把自己的 26 架显微镜遗赠给学会，“以表达他的谢忱，感谢皇家学会给予他的殊荣。”他的主要著作以《大自然的奥秘》为总题目发表（*Arcana Naturae*, 4 vols., Delft, 1695—1719）；还以《显微观察》（*Microscopical Observations*）为题出过一部英文版的选集（London, 1798）。

图 209—安东尼·范·列文霍克

前面我们已经提到过马尔比基和列文霍克两人完成了哈维对血液循环的观察。列文霍克决心发现全部循环。在对其他动物作了各种尝试之后，他于 1688 年转用显微镜观察蝌蚪的尾巴，他这样描述观察所及：“呈现在我眼前的情景太激动人了，我从未为观察所见而如此高兴过；因为我在不同地方发现了五十多个血液循环，其间动物在水中静止不动，我可以随心所欲地用显微镜观察它。因为我不仅看到，在许多地方，血液通过极其细微的血管而从尾巴中央传送到边缘，而且还看到，每根血管都有弯曲部分即转向处，从而把血液带回尾巴中央，以便再传送到心脏。由此我明白了，我现在在这动物中所看到的血管和称为动脉与静脉的血管事实上完全是一回事；这就是说，如果它们把血液送到血管的最远端，那就专称为动脉，而当它们把血液送回心脏时，则称为静脉。由此可见，一根动脉和一根静脉是同一根血管的延长或者说延续。”

列文霍克独立做出的发现中，最重要的是发现单细胞有机体（现在称为原生动物门）。他说，他最早是 1675 年在已经在一只新的陶罐中盛了几天的雨水中观察到单细胞生物。它们看上去大约只有施旺麦丹描述过的、肉眼可以看到的水蚤和水虱的千分之十那么大。有的似乎是由 5 个、6 个、7 个或者 8 个整整的小球组成，没有可见的膜把它们包容在一起。当它们运动时，便伸出两个小的触角。触角之间的部分呈扁平状，而身体其余部分呈圆形，朝末端略微削尖，末端有一根尾巴〔梗节〕，长约是整个身体全长的 4 倍，厚度如蜘蛛网（如从显微镜可以看到的），并在端部有一个小球。这些小动物（或者如他所称的“活原子”）有的似乎比一只血球的二十五分之一还小。

列文霍克曾把原生动物的大小与血球做比较这一点很重要。(422) 因为，很可能是列文霍克最早清楚地观察到和明确地指出有红血球存在，尽管有人对立地主张这应当归功于马尔比基和施旺麦丹。他还最早指出，这种红血球在人血和哺乳动物的血中是圆形的，而在鱼和蛙的血中是椭圆形的。

在发现原生动物以后六年，列文霍克又发现了甚至比这些“活原子”更加微小的生物即细菌。1683 年，他描述他的发现如下。他通过放大镜在自己牙齿缝里看到有一个细小的白色物体，象潮湿的面粉粒那样大。将它同纯净的雨水混合，惊讶地看到有许多小的活动物在活动。它们的形状、大小和运动都各不相同。有的长而灵活；有的较短，象陀螺似地转动；有的呈圆

形或椭圆形，象昆虫群似地来回运动，看上去是那么小，好几千个所占的地位才抵上一颗砂粒。

现在还必须简要地提一下列文霍克许多其他发现中的几个。他发现，蚜虫的发生无需受精，幼虫从没有受过精的雌虫身体中产生。他表明，称为胭脂红颜料的猩红染料来源于昆虫（胭脂虫），而不是象通常认为的那样来源于卵。他发现了轮虫类，并观察到当包容它们的水蒸发掉时，它们就变为干尘，但当它们重又放进水里时便复活。他还观察到，心肌是分支的，但象随意肌一样也是横纹肌。他还研究了精子、眼球晶状体的构造、骨的构造和酵母细胞等等。

列文霍克是第一个也是最后一个伟大的显微观察家。他对纯理论很少或者说根本没有兴趣。他也许体会不到总括万殊的理论之威力，因此对理论敬而远之。但是他在自然发生问题上，却坚定地支持雷迪和施旺麦丹，并明确地否认这种观点有任何精确的观察证据作依据。

格鲁和卡梅腊鲁斯

在结束对十七世纪显微生物学家的简短介绍之前，还必需谈一下植物解剖学的进步，尤其是格鲁和卡梅腊鲁斯在这个研究领域(423)域中的工作。如上所述，胡克率先在他 1665 年出版的《显微术》中描述了植物的细胞结构（见图 207）。他估计，1 立方英寸里必定包含约 1,200,000,000 个细胞。他还对螫毛荨麻、苔藓和叶真菌等等的构造作了显微研究。然而，胡克没有深入下去研究这个问题，因为他的兴趣在其他方面，实际上是在许许多多方面。马尔比基在这个研究领域做出过比较重要的贡献，他的工作上面已经介绍过。但是，有关植物的解剖学和性的特性方面，各个最重要的发现是格鲁和卡梅腊鲁斯作出的。

图 210—内赫米亚·格鲁

内赫米亚·格鲁（1641—1712）先后在剑桥和莱顿两所大学攻读医学，1671 年他获得医学博士学位。后来他在伦敦开业行医，成为皇家学会会员，最后当了学会的秘书（1677 年）。他的《植物解剖学》(Anatomy of Plants) 全书于 1682 年出版，但一部分早在 1671 年就已发表。象马尔比基（格鲁因在发现植物气管等方面得助于他而曾表示谢意）一样，格鲁也崇尚比较法和利用植物与动物之间的类似，但与马尔比基不同，而更象他的荷兰同胞的是，格鲁也热中于扯到神学方面。他细致入微地描述了他对植物解剖学所做的显微观察，并极其细腻地加以描绘，竭力让人认识到植物组织之独特的有机结构。另外，他还观察到叶的上表面有微孔，由此提出叶是植物的呼吸器官。但是，他最著名的发现是植物的性特征，他认为花是植物的性器官。他说花的雄蕊（或“服饰”）是雄性器官，花粉是它的种子，雌蕊是雌性器官。他还认为一切植物都是雌雄同株，即集两性的性状于一株。当然，他在这一点上是错的。卡梅腊鲁斯对植物的性特征这个问题作了更充分的实验研究。

鲁道夫·雅各布·卡梅腊鲁斯（1665—1721）生于德国图宾根，1683 年他在那里成为植物学教授和植物园园长。他的研究记叙在他的《关于植物的性的书信》(Letter on the Sex of Plants)(1694 年)之中。（该书拉

丁文原版的德文译本于 1899 年出版，收入奥斯特瓦尔德的 *Klassiker* , No.105。)他观察到一棵结果的桑树由于附近没有带花粉的树而只产生空的不结果的果皮，于是决定对这个问题进行实验研究。为此，他选择象犬山靛属那种开不同性别花的常见植物来研究。他把它的一些成熟的种子种植在 (424) 土壤里，发现它们长成两种植物，这些植物虽然在许多方面都相似，但在一个方面不同，即有的只有雄蕊而没有籽或者果实，而另一些则只结果实而没有雄蕊。他把结果的植物和产生花粉的植物隔离开来，于是前者上面又出现了果皮，但不结果。然后他用雄蕊和雌蕊长在同一株植物上的植物，例如玉米和 *ricinus* [蓖麻] (榨取蓖麻油的热带植物) 进行实验。他发现，如果在花药发育完全之前摘掉它们的柱头，则它们的果皮总是空的，不结果实。于是他得出结论：花药是雄性器官，以花粉作为授精籽，而子房和花柱起雌性器官的作用。然而，甚至卡梅腊鲁斯也只想到自花授粉，而不知道异花授粉。

(参见 W. A. Lacy *Biology and Its Makers* ,3rd ed. ,1928 和 *The Growth of Biology*, New York, 1925 ; E. Nordenskiöld, *The History of Biology*, 1929 ; J. von Sachs, *History of Botany* ,1530—1860 ,Oxford ,1890; C. Singer, *A Short History of Biology*, Oxford, 1931。)

第十九章 医学(425)

医学和科学

医学（包括外科学）本质上是一种实用的技术。它是治愈、缓解和预防疾病的技术。现代医学跟生物科学（尤其是解剖学和生理学）、化学和物理学关系极其密切。但是，十六和十七世纪的医学还不是现代医学，它从这两个伟大世纪里生物学、化学和物理学所取得的那些成为未来医学之主要基础的进步中获益很少，如果说有所获益的话。前几章已经介绍过这些进步。维萨留斯的解剖学工作；哈维发现血液循环；洛厄成功地进行了输血手术；玻义耳、胡克、洛厄和梅奥等人关于空气在动物机构中之功能的工作；以及列文霍克和基歇尔发现细菌；这一切无疑都对内科学、外科学和卫生学的实践产生了极其重大的影响。但是，开业医生和病人都墨守旧传统，对新奇的科学发现不抱好感。甚至赫赫有名的哈维在他发表了血液循环之发现以后，业务也“一落千丈”。哈维本人非常守旧，甚至在比利时医生约翰内斯·维鲁斯清楚地揭露出巫术搜寻和烧的之愚蠢和残忍（*De Praestigiis Daem0num*, 1563）以后，他仍然信巫。但是，当他表现为一个革新者时，他的病人可能就都不相信他了。甚至象托马斯·西德纳姆那样特别能干的开业医生也很少注意或者根本不注意当时的生物学发现，这也许是由于那时臆造的假说太多了，以致很难摆脱它们的藩篱。然而，十六和十七世纪里医学还是取得了一些进步，虽然它们的价值竟主要维系于当时医学之落后。

医学遗产

疾病和实际上任何不适部会使人变得轻信。在绝望的时候，甚至平常很苛求的人也轻率地尝试任何医道；甚至在今天，大多数人都不挑剔。因此，在漫长的岁月里，人们已经尝试过一切种类的(426)治疗方法；很少有人区别某种治疗之后的康复、由于治疗而康复和无关于治疗而康复这三种情形，因此，民间长年累月极其广泛地收集了无数传说的治疗方法。甚至官方的《1618年伦敦药典》也收入了各种奇异药物，例如胆汁、血、爪、鸡冠、羽毛、毛皮、毛发、汗、唾液、蝎子、蛇皮、蜘蛛网和地鳖！放血是每病必用的一个方法。占星术和魔法也和医学形影相随。它们决不仅仅带来灾祸。因为，例如把放血限制在只能当太阳处于黄道十二宫中的某些宫时才进行，这就挽救了一些人，使他们免动这种危险的手术。这就象提出限制出售酒的时间，结果使一些人免于酗酒致醉。再如，相信同帝王、圣人、大祭司和“名流”的接触具有疗效，至少也使有些人免于尝试上面开列的那些正统药物。

另外，开业医生很少或者根本没有组织。几乎任何人都可以行医。受过训练的医生大都专在宫廷供职，或者受贵族和其他富豪雇用。一般大众在要寻求“专业的”帮助时，便去找药商，而后者常常是普通的杂货商或者香料商。外科手术通常由普通理发师施行，他们有些人无疑技术娴熟。英国在1509年曾尝试施加限制，只有通过资格考试，取得开业证书的人才拥有开业行医的权利。但是，在此后的很长时间里仍允许没有证书的人治疗简易疾病。当由于托乌斯·利纳克雷的努力而在伦敦建立皇家医学院时，亨利八世给它颁发了特许状。这特许状道出了当时的可悲事态。特许状写道：“以往有许多

无知之徒，他们大都不懂得医学，也不懂得任何别的学问，有些人甚至目不识丁，而象铁匠、织工和女人却都无畏地、习以为常地接受他们的种种怪异治疗。对此，上帝深感恼怒，医界蒙受奇耻大辱，而国王的子民广受悲惨的伤害和摧残。”然而，就是比较有学问的开业医生，他们所造成的危害似乎也不亚于这些不学无术的庸医。这个时期的伟大医生之一帕腊塞耳苏斯告诉我们，关于他那个时代的那些名医，他所能说的，充其量不是他们做了许多好事，而是他们造成的危害最小。因为他还说过，有人用汞毒害他们的病人，另一些人给人通便或者放血而造成死亡。(427)有的人学识渊博，以致让学问泯灭了常识，另一些人关心病人的健康，远甚于为自己谋利(Paragranum, IV, P.216, 1658年编)。

图 211—特奥夫拉斯图斯·博姆巴斯特·帕腊塞耳苏斯

那时有学问的医学家中间所流行的理论里面，最常见的是希腊的四种基本性质(热、冷、干和湿)的学说和连带的四种“体液”即身体的液汁(血、粘液、黑胆汁和黄胆汁)的学说。健康据信维系于这四者构成一个恰当的比例；疾病则据认为导源于它们之比例失调。因此，放血往往被当作一种使“体液”恢复适当比例的手段。不过，也求助于特殊的饮食和服用特殊的草药与其他药物，这些据信能够迫使有关的体液达到平衡。还有一种希腊理论是所谓“活力灵气”的学说。人体每一部分据说都有其特有的“活力灵气”，当生病时必须设法调节之。帕腊塞耳苏斯和范·赫耳蒙特用 *archei* [精素] 代替灵气；但这只是给那古老的虚妄学说换了个名

图 212—第一部《伦敦药典》的扉页

字而已。当时还有各种占星术的信仰，它们为有学问的医生所接受和奉行。人被视为宇宙的一个小模型，人体的各个部分据认为同相应的天体相关联。所谓“人体黄道带”图据称表明了人体各部分同相应星座即黄道十二宫之间的联系。当时有学问的医生都使用这种图来确定施行某些治疗的最佳时令。例如，当太阳处于金牛座、双子座、狮子座、室女座或摩羯座时，就不能施行放血手术；其他几种治疗也是这样。常见的粘膜炎名叫“*influenza*”¹ [流行性感]，这证明在十七世纪时占星术和医学之间有密切关系。这个名字是意大利医生在十七世纪取的，因为他们认为得此病是由于受了星宿的“影响”。诚然，帕腊塞耳苏斯谴责占星术和医学的结合，宣称星宿与我们无涉。但是当着他继续声称不是星宿，而是精素支配人的命运时，他只是代之以他自己的同样虚妄的臆想(*Paramirum*, 1529, Cap. II, 和 *De TartarO*——*Opera*, 1658年编, Vo1. I, 第7, 528页和其他各处)。

体液学说的一个有比较可信价值的结果也许是尿检法，即通(428)过检查病人的尿液来诊断他的疾患，以及对症处方。这种诊断方法也在好几个世纪里一直广泛采用，以致尿瓶成为医生的“招牌”，犹如三个球现在仍是英国当铺的“招牌”。图 213 示出一个诊所，里面有一大套尿瓶，图上还示出了检查尿液的仪式。帕腊塞耳苏斯贬斥检尿法；然而这种方法还是流传了下来，至今仍然是保险公司医官的仪式的主要部分。

考虑到十六和十七世纪乃至后来很长时间里医学的总的状(429)况，就不会对帕腊塞耳苏斯、约翰·伍德沃德(*The State of Physi-ck*, 1718)

¹ 意大利文，意为“影响”。——译者

和其他人对这种方法的非难感到惊讶。然而，这种批评一般说来比其他同时代的医生好不了多少，如果说比他们好的话。帕腊塞耳苏斯想充当大主教式的医生。“你们蒙彼利埃、科隆和维也纳人，你们德国人，你们多瑙河、莱茵河和近海岛屿人，雅典人，希腊人，阿拉伯人和犹太人……你们都要跟我走……。我就是你们的君主”（Paragranum, 1531, Preface; Opera, ed. 1658, Vol. I, p. 183）。这个医学希特勒比希特勒本人先降世，他的挑衅性的、狂妄的口吻使他的一个教名（Bom-bastus〔搏姆巴斯图斯〕）后来成为自负、夸夸其谈和言过其实的代名词（bombastic〔浮夸的〕）。伍德沃德天真地用化石贝壳做药物的配料，以便证明化石贝壳和海贝“在让动物内服时，具有同样 vires〔功效〕和效果”（The Natural History of the Earth, Part, ed. 1723, P. 24）。无怪乎人们辛辣地讽刺这些开业医生，例如下面这段韵文就是嘲笑十八世纪一个声名卓著的伦敦医生约翰·科克利·莱特索姆的：

当病人来看病时，
我让他们服药，放血，出汗；
如果然后他们希望死去，
哎哟，那自然啰！我是莱特索姆。

（见 J, J, Abrallam, Letlsom, 1933, p. 478。）

图 213—尿液检查

威廉·配第爵士（1623—87）提供的关于当时伦敦和巴黎各大医院的材料尽管很有限，但充分证明了十六和十七世纪的医学状况总的来说是不能令人满意的。这些材料见于他的《关于伦敦和巴黎的平民、住房和医院等等的政治算术的论文集》（Essays in political Arithmetic, Concerning the People, Housing, Hospitals, etc., of London and Paris）（1682年）的第二篇。

“公元 1678 年看来有 2, 647 人进拉夏里特医院，这一年在那里死了 338 人，超过上述 2, 647 人的八分之一；同年有 21, 491 人进市立医院，其中 5, 630 人死去，超过总数的四分之一，因此这 5, 630 人中约有一半即 2, 815 人似乎是由于市立医院的治疗和设备不如拉夏里特而死亡的。

“而且，1679 年有 3, 118 人进拉夏里特，死去 452 人，超过七分之一；而同年进市立医院有 28, 635 人，其中死去 8, 397 人：在 (430) 1678 和 1679 这两年里（死亡率相差很大），进入市立医院的人数为 28, 635 和 21, 491，即总共为 50, 126 人，平均为 25, 063 人；这两年里该医院死亡人数为 5, 630 和 8, 397，即总共为 14, 027 人。平均为 7, 013 人。

“这两年里进拉夏里特的人数为 2, 647 和 3, 118，即总共为 5, 765 人，平均为 2, 882 人；其中死亡人数为 338 和 452，即总共为 790 人，平均为 395 人。

“于是，如果市立医院每年死 7, 013 人，因此市立医院的死亡率是拉夏里特的两倍（从上面的数字可以看出接近于此），那末，由此可以认为，上述数字 7, 013 的一半即 3, 506 人都是死于非命，是由于这家医院滥用药物所致。

“这一结论乍一看来似乎十分离奇，这与其说是真情实事，还不如说，是歪曲或者巧合；然而，如果考虑到伦敦那里情形也是如此，那末我们就会甘心相信这个结论。这就是：

“伦敦的圣巴塞洛缪医院 1685 年收进和医治 1, 764 人，其中死去 252 人。再者，圣托马斯医院收进和医治 1, 523 人，死去 209 人——这就是说，这两个医院治疗 3, 287 人，死去 461 人，因此这死去的 461 人占治疗和死去的 3, 748 人的八分之一弱；而在拉夏里特，死去的那部分超过八分之一；这说明，伦敦最简陋、最蹩脚医院的死亡比例也低于巴黎最好的医院。

“而且，上面已经表明，拉夏里特每年平均死亡 395 人，绝症医院死亡 141 人，总共为 536 人；而伦敦的圣巴塞洛缪医院和圣托马斯医院平均死亡 461 人，其中一部分属于绝症医院；这表明，虽然伦敦的人口比巴黎多，但伦敦进医院的人没有巴黎多，尽管伦敦最简陋的医院也优于巴黎最好的医院；这表明，伦敦最穷的人的家居条件也比巴黎最好医院优越。”

凡是对科学抱有浓厚兴趣的最有才干的专业医生都把主要注意力转向非医学学科，例如生物学（如哈维）、物理学（吉尔伯特）、(431)地质学（阿

格里科拉、利斯特和伍德沃德)或者心理学和哲学(洛克)或者人口统计学(配第)。显然,作为一个科学研究领域,作为一门非经验的、传统的学科,医学很少引起他们注意。当然,也有一些例外。托马斯·西德纳姆也许是主要的例外。他和其他志同道合者都试图通过密切观察和描述各种具体的疾病而为一种理性的、科学的医学奠定基础;桑克托留斯甚至还提出了一些利用体温计、脉搏计和衡器的定量方法。这些人都属于例外。今天人们在研究他们的工作。可惜的是,他们对同时代人的影响看来微不足道。然而,在任何学科的历史上,所取得的进步都会成为极其重要的历史事件,即使人们未必忘却它们曾经遭到冷遇。十六和十七世纪里内科学和外科学还是都取得了许多进步,纵然它们不能同天文学、数学、物理学甚或各门生物科学的进步相比。

我们这里可以按如下四个大题目来扼述这两个世纪里医学所取得的进步。这些题目是:(1)科学仪器在医学中的应用;(2)一般治疗方法的改良;(3)新药物的引用;和(4)研究疾病的方法的改进。这些问题虽不能截然分开,但还是可以分别加以叙述。

科学仪器在医学中的应用

如前面各章中所反复说明的那样,近代科学的进步同定量方法和测量各种物理量的科学仪器的应用不可或离。医学的进步同样也取决于定量方法和适当的科学仪器的应用。十七世纪在这两方面都有了良好的开端。这些科学仪器不一定是医学家发明的。它们都是原来就有的,即使还不完善,它们只是需要人们将之应用于医学,或者使之适合于医用。这些仪器就是温度计、摆和天平。意味深长的是,它们的医学应用主要归功于伽利略的一个医生朋友桑克托留斯(1561—1636)。在他之前,而且就普遍习惯而言甚至在他之后很久,医学诊断一直纯粹是定性的。一个病人的症状被描述为“发烧”;当病情发生变化时,就说他热退了或者发热更厉害(432)了;但是没有一种根据某个客观的测量标准来指示这些症状和变化的可靠方法。此外,虽然已经知道脉搏变化幅度很大,但这些变化的描述通常都是定性的,并且都凭随意想象,而不是根据一个客观测量的时间单位。同样,尽管普遍知道皮肤排出人体的挥发物质,而且也相信健康或者疾病的状况和这些“看不见的排汗”有一定的联系,但是在桑克托留斯着手测量它们之前,从未有人试图这样做过。

上面在第五章里已指出过,第一个体温计是桑克托留斯制造的。图 214 示出它的蛇形及其使用方式。球状上端放在病人的口中,管子下端放入一个盛水的容器。管子的刻度用玻璃珠标示,各定点的间距是任意的,似乎分别通过把雪和烛焰作用于这温度计的泡来确定。这无疑是个粗糙的仪器,但却是一个良好的开端,桑克托留斯利用这种温度计发现了人体健康时的约略温度和息病时的体温变动(Commentaria in artem medicinalem Galeni, 1612)。

图 214—桑克托留斯的体温计

在古代人们已经相信,脉搏可以看做是健康或者息病的一种症候,尼古拉·德·库萨曾试图用水钟来测量脉搏率。这种测量既困难又不可靠。桑克托留斯首创或者推广应用脉搏计(pulsilogium)来比较精确地测定脉搏率。

这种脉搏计系一个由一根长线悬着的铅锤，线的长度可以不断调节，直至如此形成的摆之摆动速率与病人的脉搏相一致。这样，线的相对长度便成为比较和测量不同脉搏率的基准。为了便于测量，脉搏计设有一个标尺，因此在摆长调节到与脉搏同步时，一眼就可读出摆长。图 215 示出两种脉搏计，它们的原理相同。(433)

图 215—两种脉搏计

这种脉搏计基于观察摆的摆动速率，因此它的应用自然随摆长而变。两者的精确关系是伽利略确定的，他用实验发现，摆动周期随摆长的平方根而变。因此举例说来，当摆长增加到四倍时，它的摆动周期加倍，当摆长增加到九倍时，其摆动周期增加到三倍，如此等等。这种脉搏计无疑是对水钟的改进，但它仍有很大的任意性，不太可靠，因为它不是以标准时间单位作为基准。这直到十七世纪末才得到弥补。1690 年，约翰·福那尔用一个秒摆测量脉搏率。他还用它估计了脉搏率和呼吸率之间的关系。

图 216—桑克托留斯的称量椅

桑克托留斯对人体及其功能的定量研究所作的各个最重要的贡献发表于他的《医学统计方法》(Ars de statica medicina)(Venice, 1614; John Quincy 英译, London, 1712)。如桑托克留斯所说，这本书积他“三十年之经验”，这三十年里他基本上生活“在天(434)平之中”。他制造了一架大型天平，在这天平的一个秤盘上放一把椅子(见图 216)，他大部分时间呆在这张称量椅上，近旁放着一张桌子，仔细记录他的体重在各种条件下的变化：进餐前后，睡时或醒时，活动时和休息时，情绪安静时和激动时，等等。他的结论表述成五百条左右格言，按下列标题排列：觉察不出的出汗、空气和水、食和饮、睡和醒、操作和休息、心境和性欲。他得出的最一般的结论是，健康的维持有赖于我们人体机构在摄取和排泄两方面保持适当的平衡。不过，这里(435)值得提一下他的有些具体的结果。“仅仅觉察不出的出汗所排出的东西就大大超过全部从属的排泄。觉察不出的出汗或通过身体的细孔进行，身体浑身都可以出汗，细孔象一张网一样布满皮肤；或者由通过口的呼吸进行(象平时朝玻璃杯呼一口气就可看出)，这在一天里面通常可以达到半磅左右。如果一天吃喝八磅，那末在这个时间里通过觉察不出的出汗通常排出五磅”(Section I, Aphorisms 4—6)。“在七小时的睡眠里，无任何不适的人体的觉察不出的出汗的量是醒时的两倍”(Section III, Aphorism 2)。从他对瘟疫的中肯的评述可以看出他蔑视当时的医学：“寥寥无几的富人是用药物治愈的，而大多数穷人是自然康复的”(Section I, Aphorism 139)。

这里还需要提及的这个时期的唯一的另一种仪器是 specuhimauris [耳窥器]。窥器是一种反射器，用于更好地检视身体的某些部分。这种器械看来很早——肯定在公元二世纪就已应用了。不过，专用于检查耳朵的窥器似乎是法布里茨·冯·希尔登最早在 1600 年发明的。

改良的治疗方法

有些医疗方法方面的改进系关于触染和感染的预防。当然，古代人已经

知道有传染病,《圣经》(尤其是《利未记》)里有一些关于诊断麻风病和隔离麻风病人的指示。《圣经》和别处还说明瘟疫同苍蝇和鼠之间有一定的联系。在许多世纪里,隔离的习惯做法在一定程度上都遵照《利未记》的规定。可是,尽管许多种流行病已经盛行肆虐,但对它们的性质或者怎样对付它们还不甚了了或者一无所知。然而,自十四世纪以来,在隔离和预防方面采取了日益严格的步骤。1377年,拉古萨城采取措施防止瘟疫患者进城,把所有可疑的人都集中在城外一个地方隔离了一个长达四十天的时期(检疫期,此后开始普遍沿用这种方式来隔离有患病嫌疑的人)。巴黎在1533年发布瘟疫法令,命令呈报和隔离所有瘟疫患者,禁止运送感染的食品,坚决要求清扫道路和贫民窟,撤空瘟疫死者的住房。伦敦在1665年大瘟疫期间也仿效巴黎。这些措施无疑有(436)助于防止产生甚至比实际更加恐怖的恶果。感染可以以物和人作为媒介这一认识导致十七世纪的医生在往访传染病患者时穿上罩衣,头和脸甚至还戴上专门的装具。图217示出这种全套衣装。它最奇怪的地方是长长的嘴套。它里面装填芳香物质。芳香物质能够帮助阻挡瘟疫这种想法的产生是由于瘟疫普遍同污染的空气或者瘴气相联系之故。在十五世纪(如果不是更早的话),医生和其他人习惯随身携带用琥珀和芳香药物做的“琥珀苹果”,在接近瘟疫或者其他传染病患者时,随时嗅闻。香草和其他芳香物质长久地博得大众甚至职业医生的喜好,尽管大家全都知道它们丝毫无助于防止感染。不过,在同传染病患者接触时穿特殊罩衣的做法却真是一个改进。

图217—防止感染的罩衣(韦尔科姆医学史博物馆版权)

在外科手术和一般创伤治疗方面也有许多改进。1514年,乔瓦尼·达·维哥采用结扎动脉的方法(代替使用赤红的铁)来防止(437)出血。著名外科医生昂布鲁瓦兹·帕雷于1545年推广了这种方法,一个法国医生莫雷尔则于1674年发明了用一条止血带来压迫主动脉的方法。1646年,马可·奥雷利奥·塞维利诺提出用冰和雪作为手术用的局部(冷冻)麻醉剂。1536年,帕雷由于偶然机会而发现了一种比较有效的医治枪伤的新方法。这种创伤被认为系弹药毒害所致,所以通常用在伤口灌注煮沸的接骨木油这种使人痛苦不堪的方法治疗。由于缺乏接骨木油,因此帕雷成功地尝试应用一种由玫瑰油、松节油和蛋黄制成的简单药膏。1616年,切萨利·马加蒂提倡一种简便而又更为有效的治疗一般创伤的方法,他尤其强调,绷带换得过勤会阻缓伤口的愈合。1696年,奥古斯丁·贝罗斯塔指出,必需保护伤口,使其免受空气中传染杂质的侵害,还倡言利用酒精来防止伤口溃烂。

治疗方法的其他进步,最值得提及的有下达一些。1550年起,霍勒留斯和其他眼科医生经常为近视眼患者配眼镜。图卢兹的乔治·贝尔纳·佩诺在1547年提倡应用水疗法。帕雷于1575年应用按摩法,尤其对于卧床病人。1650年,弗兰西斯·格里森提议利用按摩和体操来医疗佝偻病。1700年,亨德里克·范·德文特提出用绷带和机械设备来治疗诸如佝偻病、肌肉萎缩、腱收缩和腿钩弯等疾病。对窒息病人采用人工呼吸方法,这似乎是约翰·申克·冯·格雷芬伯格于1584年提出的。

十六和十七世纪里,还开始发明人造物来代替由于事故或者疾病而丧失的或者受到损害的身体各部分。一个在战争中失去右手的德国骑士格茨·冯·伯利欣根首先于1505年设计和(用铁)制造了一个人造手。(“铁

腕”今天仍博得德国侵略主义者的青睐。) 1575年,帕雷制造了金银的人造眼睛;1617年,法布里修斯提倡应用玻璃的人造眼睛。在制造人造眼睛的同一年(1575年),卡斯帕尔·塔利亚科扎设计了人造耳。1640年,马尔库斯·班策尔成功地用人造鼓膜取代已损坏的鼓膜,对此他在其《论听觉的接续》(De auditione laesa)里曾作过介绍。

然而,说来或许令人感到荒谬可笑的是,治疗病人方面最大的(438)改进之一在于给病人施行比惯常少的治疗。那时开业医生们都相信药剂的配料越多,就越有可能证明其中一种是有效的。也许由于这样,所以他们都习惯于开复杂药物的处方。这种“射击”式治疗很危险,因为错误的药物可能造成很大危害。一些比较有眼光的医生完全认识到这种危险,尤其是托马斯·西德纳姆采取一种“等着瞧”,尽可能少用药物去干扰的方针。他所以采取这种方针和相应的理论,是由于他具有广泛的临床经验,以及时传统秘方抱批判态度。他在疾病的许多阶段上都看到人的机体本身力图摆脱失常状态;他相信,医生所能做的最好事情是维护这种可以说是竞赛,给人体以每一个能够发挥其自愈力的机会,而服药、放血等等也许只是阻碍这种能力。他写道:“疾病……无非就是自然的一种努力,她竭力通过消灭致病物质来恢复病人的健康”(Works, ed. by R.A. Latham, London, 1848—50, Vol. I, p. 29);他在另一处赞扬希波克拉底,因为“他对医术只要求当自然衰弱时帮助她,当她努力太甚时则克制她……因为这个有眼力的观察者发现,只有自然才能使失调终止,并借助少数简单药物进行医治,有时甚至根本不用药物。”西德纳姆还曾给风湿患者开了个处方,叫他服乳清,并以他特有的方式补充了一句:“如果有人嫌这种方法简单而鄙薄它,那末我要让他知道,只有意志薄弱者才会蔑视平凡简单的东西”(Works, ed. Latham, Vol. II, p. 26)。

他本着这种精神而赞许病房里应有新鲜空气,并且认为十七世纪伦敦的淡水是一种危险饮料,而主张病人喝少量啤酒。西德纳姆的思想传出了英国。在欧洲大陆,格奥尔格·恩斯特·施塔耳热情地接受和鼓吹这些思想,但他明显地偏重精神病的治疗。

新药物

十六和十七世纪里,引入了或者至少较为广泛地应用了相当(439)数量新药物。但是它们命名不一,处方玄虚而今人不识真貌,且又缺乏充分的资料,所以,我们有时无法知道某些药物的确切性状究竟如何,它们到底属于新发现,还是仅属重新发现,或者只是既有成例的继续。

现在公认帕腊塞耳苏斯曾引入过几种新药,上面在第十五章里我们已介绍过他对化学的贡献。似乎至少早在1494年就已知道给“爱疫”(梅毒)病人外用汞,但是帕腊塞耳苏斯帮助这种疗法在1526年以后得到较为广泛的应用;1540年,彼得·安德烈亚斯·马蒂奥鲁斯还给梅毒病人内服汞。约在同时(1526年),帕腊塞耳苏斯开的药方还包括锑、铜、铁、铅的制剂和磷乳。他似乎还应用了一些鸦片制剂。许多别的制剂通常也归功于他,但看来都不足信。

部分地由于帕腊塞耳苏斯的影响,部分地还由于阿尔加鲁斯(卒于1603年)的影响,锑的制剂在十六和十七世纪里成为常用药物,而且锑杯(即催吐杯)也相当流行。这种杯子用锑制作。酒在杯子中放置一些时候以后,酒

中的酒石就明显地和杯上的氧化物化合而形成吐酒石。图 218 示出一只这种杯子，上面用德文刻着夸大其词的话：“你是自然的奇迹，人人必能治愈”。不管怎样，似乎是阿德里安·范·明西希特在 1631 年引入的这种酒石（酒石酸锑钾），乃是从锑获得的最重要药物，尽管巴黎医生协会在 1566 年禁止使用含锑药物，并且这项禁令继续了整整一个世纪。

铁的药用来发端于占星术的考虑。铁同“血与铁”的战神玛尔斯（火星）相联系。因此，铁的盐开给贫血者和虚弱者；它们今天仍用作为一种强壮药。在十七(440)世纪，西德纳姆和威利斯在他们的药物中广泛采用铁，因为他们发现结果良好，虽然他们并不自称懂得它的作用。应用银和金入药的初衷和铁的应用相同。银同银色的月亮相联系，而月亮同脑相关联；因此，银的制剂在十六世纪和之前都开给癫痫和忧郁症患者。同样，金同金色的太阳相联系，因而也同生命相联系。炼金士把“可饮的金子”销遍欧洲，作为治疗天下一切病痛的万应灵药，也作为延年益寿的酏剂。甚至象格劳贝尔、莱默里和凯内尔姆·迪格比这样的名医也制备酏剂。有些卖给公众的金酏剂实际上根本不含金子；不难想见金子到底哪儿去了。

图 218—锑杯

其余在十六世纪引入或者复兴的药物中，最值得提及的有下面一些。1540 年，康拉德·格斯内用颠茄来解痛。砷的外用看来是加布里勒·法洛皮亚在 1550 年使之恢复。普罗斯铂·阿尔比努斯在 1580 年把艾从东方传到欧洲，应用于烧的术。同年，费比奥·科拉姆纳将缬草用于治疗癫痫；伦贝图斯·多多内乌斯用旱金莲属植物治疗坏血病，把番茄用于各种药物。甘汞用于医学似乎是约瑟夫·德·谢涅（奎尔塞塔努斯）在 1595 年使之恢复的；亚历山大里亚人和阿拉伯人似乎早就知道这一点。

十七世纪的头几十年里，雷蒙德·明德雷尔于 1610 年首先把中国的藤黄（一种黄色树脂）用作为峻泻剂，并把氨用于医药。雅各布·特奥多尔·塔贝内蒙特塔努斯首先于 1613 年在处方中开山金车花作治疗痔疮绞痛的药。阿卡瓜神父在 1638 年首先推荐使用古巴香精油即香脂。最引人注目的新药物秘鲁树皮（金鸡纳皮或者奎宁）约在 1640 年首次从秘鲁传入西班牙；不久又传遍整个欧洲作为治发烧的药物。秘鲁印第安人应用这种药物还要早得多，因为尼古拉·莫纳德斯在 1560 年已经描述过秘鲁土著使用秘鲁油膏。1638 年，秘鲁的西班牙总督的妻子钦琼女伯爵根据她的医生卡尼萨雷斯的建议用秘鲁树皮治疗间日热，卡尼萨雷斯在 1630 年已经成功地这样应用过。女伯爵在 1640 年返回西班牙时带了一些这种树皮，在几年里用它医治了许多发烧病人。耶稣会(441)教士们采纳了这种药物并广泛应用，以致它得名“耶稣会教士树皮”或者“耶稣会教士粉”。这种药物通过罗伯特·塔尔博尔而风行英国和法国，塔尔博尔是剑桥一家药商的助手。塔尔博尔在 1672 年出版了一本关于发烧的书（*Pyretologia*），他在书中提倡这种药物，但对人保守秘密。他到伦敦医治了查理二世和王公贵族。他被封为爵士，并任皇家医生。他曾去法国医治皇太子，把他的药方卖给了路易十四。塔尔博尔最后一次成功是医治西班牙女王。他约于 1681 年死在伦敦，不久他的药方就公诸世人。这药方是金鸡纳皮和玫瑰叶、水、柠檬汁与 persil〔欧芹〕汁的混合物。

十七世纪中叶最著名的药商之一是格劳贝尔，他对化学的贡献已在第十

五章里介绍过。他的“怪盐”(硫酸钠)在1648年首次制成,后来被称为“格劳贝尔盐”,它今天仍是市场上很受欢迎的轻泻剂,或者作为毛料染料。他还制造了各种其他药物,尤其是硫酸铁制剂,他奉之为万应灵药。他也把一个秘方卖给路易十四。格劳贝尔一度声名大噪,以致有些药商用他的一尊木像放在店铺外面作为“招牌”。图219示出一个当年药商用的这种“偶像”。在英国,格劳贝尔盐遇到了埃普索姆盐〔泻盐〕这个强劲对手,后者是内赫米亚·格鲁(1641—1712)从萨里的埃普索姆地方的泉水中提取出来的,并通过他关于埃普索姆水的论著而闻名于世。

由于有人不问剂量地滥用,所以金鸡纳皮在欧洲兴盛一阵子以后不久就被冷落了。因此,人们就寻找和试验其他医治发烧的药物。1650年,西尔维乌斯采用氯化钾作为解热剂,并广为应用;1697年,约翰·克里斯蒂安·雅各比用砷和钾碱的水溶液治疗间歇热。

图219—格劳贝尔被作为药店的“招牌”

其他值得提到的十七世纪引人的药物有:吐根制剂,似乎是莱格拉在1672年用它治疗痢疾;波希鼠李皮。斯蒂塞尔首先在1690年将它用于医药;欧薄荷,约翰·雷首先推荐;麝香味的欧著草,施塔尔最早推荐使用,现在在恩加丁仍制成一种烈性酒用作为酷剂,称为艾瓦(Iva)。欧洲最早在1588年知道(Giovanni Fietro Maffei, Hist. indic. libri. XVI)茶叶,一个荷兰医生本特科厄在1684年把它开给病人作为一种万应灵药,甚或作为延年益寿的酏剂;不管怎样,这种令人愉快的药物今天仍博得英帝国的欢心。玻义耳通过硫酸对酒精的作用而制备以太。牛顿在1700年写到过以太(Phil. Trans.)。1718年,弗里德里希·霍夫曼制成了一种由一份以太和三份酒精组成的制剂,这种制剂以“霍夫曼滴剂”而闻名。

专门化的疾病研究

在近代之初,盛行的倾向总的来说是不适当地简化了人体及其病痛。在极为空虚无力的四种体液理论之类空想的影响下,治疗通常都是试图重新调整在作为整体之人体中体液等等的比例,因而人们都没有密切注意各种疾病的特异性及其特殊要求。然而,在十六和十七世纪里这方面发生了重大变化。物理科学先驱所带有的那种明显的经验主义,逐渐感染了比较明智的医生。在托马斯·西德纳姆那里也许可以最清楚地看到这种经验观点及其同思辨冒险的对抗。不过,这在他之前已经有所表现:十六世纪的医学文献中可以看到对各种疾病的比较仔细的观察和详尽的描述。(443)

医学研究上这种专门化倾向的发端同哥白尼在帕多瓦大学的一个同学吉罗拉摩·法拉卡斯托罗(1478—1553)有关。1501年,他专门研究了斑疹伤寒。1530年,他发表了一首关于“爱疫”即“高卢病”的长诗。他给这本书取名《西菲利斯》(Syphilis),戏谑地隐喻尼俄伯的儿子神话人物西必洛斯(Sipylus);这种病从此以后就一直称为syphilis〔梅毒〕。这本书因取诗歌和幻想的文体而流行很广;书中提供了重要的论据,正确描述了

瑞士东部因河流域。——译者

即梅毒。——译者

希腊神话中的底比斯王后,因哀哭自己被杀的子女而化为石头。——译者

这种疾病、它的病因和治疗方法。继这本著作之后，作者在 1546 年又写了一本更有份量的论述传染疾病的专著《论传染疾病》(De Contagionibus)。作者在书中史无前例地首次明确区分开某些疾病从一个人传给另一个人的三种具体方式，即(1)通过传染，亦即直接接触；(2)通过经由媒介物即污染物的感染，例如被传染性恶臭气沾污的衣服；和(3)超距感染。他在解释感染时还提出了一种关于疾病的原始胚芽理论。因为他坚持认为，疾病是由某些 *seminaria* 即种子引起和传送的，种子传播它们自己的种。当阿撒那修斯·基歇尔在 1671 年发表报告，说在鼠疫患者的血液中观察到微观有机体之后，法拉卡斯托罗的观点就更显得大为有力了。这本专著附带地还论及斑疹伤寒，并指出肺癆是传染性的。法拉卡斯托罗不是把各种各样发烧笼而统之地论述，而是仔细地区分出几种主要类型。

乌尔利希·冯·胡滕早在 1517 年就已注意梅毒了，虽然不是这样称呼。他推荐用愈创树脂来治疗这种病。西班牙在 1508 年从美洲进口愈创树脂；但它的应用证明常常是致命的，因此人们很快就抛弃了它，改而使用汞。1534 年，让·菲涅耳又描述过梅毒。1540 年，昂布鲁瓦兹·帕雷研究了梅毒的遗传性。

纪尧姆·德·巴尤最先在 1578 年说明过百日咳，他亲眼目睹这种疾病当时在巴黎肆虐。

1583 年，格奥尔格·巴蒂施发表了最早对眼病的说明，描述了各种治疗眼疾的新器械和新手术。

1590 年，乔万尼·第·阿科斯塔率先描述了高山病，他认为这种病是高原地区空气稀薄所致。

1600 年，法布里茨·冯·希尔登描述了外耳的结构和功能。他还发明了一种用于检查耳朵的器械耳窥器。同年，阿夸彭登特 444 的哲罗姆·法布里修斯发表了专著《论发声器官喉》(De Larynge Vocis organo)，第一次完备他说明了作为发声器官的喉。

在十七世纪里，关于各种疾病，即身体各个部分及有关病痛的研究大见增加。但在本书这样的著作里，只能聊胜于列举而已。

卢多维科·麦卡托在他 1608 年的《医学作品》(Opera medica) 中论述了间歇热。维拉·雷亚尔在 1611 年描述了白喉。1620 年，范·赫耳蒙特描述了消化的化学。他认为它本质上是一种发酵过程，其中碱性的胆汁中和了消化食物的酸性。西尔维乌斯进一步使这种对消化过程的理解臻于完善，他在 1663 年发表了对这个过程的解释。1644 年，范·赫耳蒙特发表了对尿的性质的详尽研究。其间即 1630 年，塞缪尔·哈芬雷弗对各种皮肤病作了详尽的研究 (*Nosodochium in quo cutis affectus tractatae*)。后来，让·鲁瓦洛在 1648 年，托马斯·威利斯在 1670 年又都研究过皮肤病。

图 220—弗兰西斯·格里森

弗兰西斯·格里森在 1650 年叙述了佝偻病，并建议借助按摩、体操和利用支撑物来治疗这种疾病。1654 年，他还发表了一篇研究肝解剖学的论文。约翰·雅各布·韦普弗在 1658 年发表了最早对中风及伴随的脑的状况的专门研究。托马斯·威利斯在 1667 年对脑作了比较完备的说明。1660 年，康拉德·维克托·施奈德研究了感冒这个问题，并阐明了粘膜在排出粘液方面的功能。

理查德·洛厄关于心脏的论著（1669年）上面在第十五章里已论述过。1670年，托马斯·威利斯论述了糖尿病及其病因和疗法。前面也已提及阿撒那修斯，基歇尔描述过鼠疫患者血液中的微现有机体（1671年）。

1680年，贝那提乌斯·拉马齐尼率先论述了各种与职业有关的特殊疾病（*De morkis artifi-cum diatribe*）。

图 221—托马斯·威利斯

在1683年里，托马斯·西德纳姆发表了对痛风、圣安东尼舞蹈病和歇斯底里的研究；爱德华·泰森发表了对绦虫的研究（*Phil. Trans.*）；吉夏尔·约瑟夫·德·韦尔内发表了关于耳的论著。亨德里克·范·德文特在1685年以异常骨盆及其治疗为论题写了一篇论文。博诺莫和切斯托尼在1686年论述了痒病。1689年，理查德·莫顿研究了痲病，他坚持认为，这病总是从结核发展而成的。莫顿在1697年发表了一篇研究恶性发烧的论文。他将之归因于疟疾发作，并建议用秘鲁树皮来治(445)疗这种病。费莱拉·达·罗萨在1694年首先描述了黄热病。

格奥尔格·恩斯特·施塔尔在1692年论述了精神病。1698年，他还描述了门静脉（它把静脉血传送到肝）的疾病。最后，在十七世纪的最后一年，洛兰佐·托拉内奥发表了对淋病的各种类型和各个阶段的论述。

著名的医生

十六和十七世纪产生了一批为数不少的名医。这里是一张按年代顺序排列的他们中最有名的21人的名单：吉罗拉摩·法拉卡斯托罗（1483—1553）、帕腊塞耳苏斯（1493—1541）、阿格里科拉（1494—1555）、昂布鲁瓦兹·帕雷（1510—90）、安德烈亚斯·维萨留斯（1514—64）、哲罗姆·法布里修斯（1537—1619）、威廉·吉尔伯特（1540—1603）、桑克托留斯（1561—1636）、约翰·已普蒂斯塔·范·赫耳蒙特（1577—1644）、威廉·哈维（1578—1657）、约翰·鲁道夫·格劳贝尔（1604—68）、乔瓦尼·阿尔方多·波雷里（1608—97）、威廉·配第（1623—87）、托马斯·西德纳姆（1624—89）、马尔切洛·马尔比基（1628—94）、理查德·洛厄（1631—91）、约翰·洛克（1632—1704）、马丁·利斯特（1638—1712）、约翰·梅奥（1640—79）、格奥尔格·恩斯特·施塔耳（1660—1734）和约翰·伍德沃德（1665—1728）。然而，这些名医绝大多数都不是作为医生，而是作为其他研究领域，即物理学、化学、地质学、生物学、心理学或者哲学中的先驱而闻名的。这个事实部分他说明为什么这个时期的医学生通常不能令人满意，寥寥几滴医学之水冲入与之有点油水不相融的汪洋大海之中。它也说明为什么这些名医大都在本书其他章节中论述。吉尔伯特的工作在第十三章中介绍；帕腊塞耳苏斯、范·赫耳蒙特、格劳贝尔、洛厄和梅奥等人主要在第十五章里论述；阿格里科拉、利斯特和伍德沃德在第十六和十七章；维萨留斯、法布里修斯、哈维、波雷里和马尔比基在第十八章；配第在第二十五章；洛克在第二十四和二十六章。因此，现在剩下来只要介绍一下法拉卡斯托罗、帕雷、桑克托留斯和托马斯·西德纳姆等人的生平，至于他们对医学的贡献已在本章前面部分说明过。

哲罗姆·法拉卡斯托留斯（即吉罗拉摩·法拉卡斯托罗）1483年出生于维罗纳。他在帕多瓦大学就学，和哥白尼是同学。他是一个典型的人文主

义者。他研究文学、法律、科学，哲学以及医学。在他对病人巡回探视出诊时，他总是带一本普鲁塔克的书消磨时间；他写过论诗的艺术和诗的各种主题的著作；如上面所已指出(446)的，他甚至用诗的幻想来美化梅毒，并在他 1530 年的一部诗体著作中论述了这种病。他最重要的著作是 1546 年发表的《论传染疾病》，本章前面已(447)对它的内容作过一些介绍。他的文学活动使他在同时代人中间赢得很大声誉，博得世俗和宗教王侯们的青睐。他还多次受到宫廷任命的延聘。但是，他依恋自己在维罗纳附近的乡间宅第，喜爱读书，寄情怡养。因此，他拒绝了所有这些聘请。只有一次例外，他接受了教皇保罗三世的任命，担任了特兰托会议的医官，不过为期很短。他在七十岁时死于中风。1555 年即他死后两年，在维罗纳为他竖立了一座纪念碑。

图 222—哲罗姆·法拉卡斯托留斯

昂布鲁瓦兹·帕雷于 1510 年出生于曼恩河畔拉瓦尔附近的布尔埃尔桑。他一度跟一个理发师当学徒，但最后设法到了巴黎，在市立医院工作，学习外科技术。1536 年，法兰西斯一世和查理五世开战，帕雷就任团的外科军医，攻占维拉尼要塞时他在蒙特雅元帅所部。正是在这个要塞敷裹伤员时，帕雷由于缺乏接骨木油，而发现了枪伤的性质和疗法，这在上面已经提到过。他告诉我们，在只是由于他已没有接骨木油而用了他的由玫瑰油、松节油和蛋黄制成的药膏之后，“我几乎彻夜不眠，一直在惦念那些伤员，我为没有给他们烧的伤口而担心。我料想翌晨他们全都会死去。……我很早就起床去看他们。我大吃一惊，我给他们敷涂了药膏的伤员都没有什么痛苦……没有发炎，也没有肿胀，都舒适地过了一夜。其他伤口用煮沸的接骨木油治疗过的伤员都发高烧，伤口发炎，肿胀，痛苦不堪。因此我决定，再也不能残酷地烧的这些不幸的伤员了。”他认识到，与当时公认的观点相反，枪伤不是弹药毒害所致。1538 年，尼斯和平以后，帕雷返回巴黎，成婚定居，开业行医。没过几年，他又经历了战争。但在 1544 年他又返回巴黎，1545 年他发表了一部关于枪伤治疗的经典著作。在后来的五年里，他深入研究了维萨留斯的解剖学教导。1552 年，战争给了他一个应用他自己的外科学思想的极好机会。他于是相信结扎是比烧的更好的止血方法，并且实践了这种方法。1553 年，他在埃丹被俘，但他由于(448)外科医术高超而获释。翌年，他获得了就任巴黎圣科姆学院外科主任的殊荣。这个平民的儿子没有学者派头。他不耻下问，甚至向老妪求教，如此他采纳了例如用剁碎后撒上少许盐的洋葱来治疗烧伤和烫伤等疗法。这位伟大内外科医生的谦虚谨慎和帕腊塞耳苏斯的夸夸其谈的态度适成有趣的对照。他的格言是 *Je le pensai, Dieu le guarist* [我给那个人诊治，但治愈他的是上帝]。帕雷笃信上帝的全能的治愈力量会使他免于试验时产生过失，一如西德纳姆相信大自然的治愈威力。帕雷活到 80 岁。

图 223—昂布鲁瓦兹·帕雷

桑克托留斯·桑克托留斯(即桑淘留·桑淘留)生于 1561 年，是伽利略在帕多瓦大学的同学，1582 年获得帕多瓦大学医学学位。他受伽利略科学观的影响，试图应用伽利略研究物理学的那种定量方法来研究医学。关于

普鲁塔克(Plutarch, 46?—120?), 希腊传记作家和历史学家。——译者

这个门徒所取得的成果，本章前面在论到体温计、脉搏计和称量椅时已有所述及。1587年，他应聘在波兰行医，业务兴隆，声誉卓著。1611年，他返回意大利，就任母校帕多瓦大学医学教授。1629年他辞去此职，到威尼斯当私人开业医生。除了引入体温计等等之外，桑克托留斯还发明了一种用于气管切开手术的新器械（套针）、一种取除膀胱结石的新器械和一种专用的睡椅，可让久病衰弱者毫不吃力地洗澡。他死于1636年。

图 224—桑克托留斯·桑克托留斯

托马斯·西德纳姆于1624年出生于多塞特郡的温福德伊格尔。他出身清教徒世家，四个兄弟在内战时都是克伦威尔军队的军官。1642年，他进牛津大学马格达伦学院，但不久就辍学从军。1646年他重返牛津，1647年进沃德姆学院。1648年，即威尔金斯博士（1662年时皇家学会的首席秘书之一）任沃德姆院长那年，西德纳姆根据牛津大学名誉校长的命令成为医学学士，并当选万灵学院的评议员，1649年任该学院高级司库。1651年，他受命任一个骑兵团里的军官，于是离开牛津，但不久又返回牛津，一直呆到1665年。这年他结了婚，到伦敦开业行医。他一度似乎不很认真地考虑过投身政治生涯，但最终还是决定以医学为业，而且还特地去蒙彼(449)利埃留学了一个时期，于1661年回到伦敦。两年后他获得了皇家医师学会颁发的开业证书。西德纳姆在有些方面同帕雷很相似。两人都从过军；两人都没有大多的学问，都不怎么崇尚纯粹书本知识；两人都是经验主义者，注重观察事实而不是抽象理论。西德纳姆同经验化学奠基人罗伯特·玻义耳（他有个时期陪伴西德纳姆一起出诊）的友谊也许是意义重大的。他们由于共同的经验主义而志同道合。并且，西德纳姆还是个非常富有独立精神的人，不大受高谈阔论和夸夸其谈的理论的影响。他表白：“我的秉性是思考别人感到明白的地方；我深究的不是世界是否同我一致，而是我是否同真理一致”（*Treatise on the Gout*, 1683, Dedication, Latham译, Vol. II, P. 122）。象牛顿一样，他不喜欢深远的假说，对当时的医学理论家也敬而远之。他写道：“凡是已写在书上的都是假说；都是滥用荒诞的歪门邪道。实际上，那些其病史必须加以描述的疾病的种种症候乃是同一个工厂生产的赝品：它们全都是假设的。因此，甚至它们的医治也是同假说性的公设相一致，而不是同自然的事实相一致”（*Venereal Disease*, Ep. II: Works, ed. Liltharn Jo1. II, p. 32）。他坚持认为，改进医学的首要的必需条件乃“取决于尽可能地使对一切疾病的描述或病史记载真实而又合乎自然。”西德纳姆通过仔细而又详尽地描述了热病和痛风、麻疹和猩红热、支气管肺炎和急性胸膜肺炎、舞蹈病、赤痢以及歇斯底里等病症而对此作出了贡献。在治疗方法上，他谨慎而又带批判的眼光，不依赖习惯和传统，而依靠经验证据。如所已指出的那样，当他拿不准对症的药物时，他宁肯什么也不给，而是等待观察病情的进展，只是略加指点：粗茶淡饭、新鲜空气、少量的啤酒、适当的锻炼等等，以便在这自然治疗期间维持病人的体力。西德纳姆为人谦恭直率，作为反对医学骗术的斗士和用批判的科学方法研究和治疗人类疾病的先驱，他深受当代和后世的景仰。在他于1689年死后，人们众口一词，称颂他为英国希波克拉底。

图 225—托马斯·西德纳姆

(参见 F.H.Garrison, Introduction to the History of Medicine, 1917;C.Singer , A Short HistOry of Medicine , 1928;S.G.B.Stubbs 和 E.W.Bligh , Sixty Centuries of Health and Physick,1931;A.C.WoottOn , Chroniclesof Pharniacy , 1910。)

一、科学和技术

科学的首要目标乃是发现事物和事件的本质和规律，从而我们能够理解并解释它们。这种关于事物和事件的知识总是带来高度的实利，以新的利益丰富人类生活，帮助聪慧的人们在他们生活于这个伟大世界的短暂一生中确定自己的方针。然而，人首先要生存，然后才能去认识；人们必定早在理解许多事物之前就已经在应用它们了。衣食住等等在对它们有所了解之前很久就已是必不可少的了。为满足这种人类基本需要所作的努力，是依靠摸索性的试错法，而促进这种努力的是本能和冲动的压力，并非科学知识的指导。甚至当生活必需已充分得到满足，以致有闲暇可以探索无直接利益的知识时，也会产生其他的实际需求，而对此有时借助已获得的知识，有时则仍得用老的试错法使之得到满足。另外，人的创造本能也不断促使他去创造新事物，不管它们有用与否。艺术是这种倾向的一种表现，发明也是一种表现；也许科学本身也只是这种创造倾向的又一种表现，尽管科学是创造观念而不是实用的或装饰用的物品。但是不管怎样，事物和工艺的发明，它们的本质和规律的发现这两个方面是多少可以独立进行的活动。在人类文明史的初期，它们就是这样进行的，虽然随着知识的增长，它们日益趋向于密切地交织在一起。

上述见解也许有助于阐明科学与技术之间错综复杂的关系。科学或纯粹科学（人们有时这样称呼它）关心的是发现真理；而技术关心的则是发明新的东西和工艺或者改进旧的。两者当然是紧密相关的，今天尤其是这样。但它们的关系现在经常被误解，在历史上也经常被歪曲，所以弄清楚它们之间的关系是很有必要的。(451) 技术常被说成仅仅是“应用科学”。这种看法实际上是说，人们先得到某些现象的科学知识，然后再把这种知识运用于某个实用目的。诚然，事情有时候是这样，但并非经常如此，当然更不是总是如此。在人类文明史上，无疑是实用发明的进步走在有关现象的理论知识的进展的前面。甚至在近代最初几个世纪里，虽然有时科学进展促进了实际应用，但更经常的是已有的技术方法为科学发现提供了资料；而且恐怕技术发明和改进大都是在根本没有纯粹科学帮助的情形下进行的。

我们在这里可以举出一些实例来说明上述关于技术和科学间的各种关系的见解。农业、建筑、矿业、玻璃与陶瓷制造以及纺织工业等重要技术在十八世纪末以前，从科学得到的帮助微乎其微，如果说有的话。有时实际上倒是科学向已有的技术方法学习，而不是科学教给技术方法什么东西。例如，伽利略和托里拆利发现大气压就是制造抽水机的工程师们的实践所导致的结果；哈维提出他的血液循环理论部分地是依靠了当时外科医生所采用的那种结扎法；哈尔从制造玻璃所实用的方法中了解到熔融物质冷却速率的意义。最为重要的是，科学的进步在很大程度上取决于适当的科学仪器的发明。另一方面，甚至在近代最初几个世纪里，肯定也有技术发明系故意应用科学知识而得到的直接成果的情形。例如，电学知识使富兰克林得以发明避雷器（1750年）；赖岑和萨尔瓦发明了火花电报系统（分别在1794年和1798年）。类似地，化学知识使马格拉夫得以从甜菜根制备了糖（1747年）；赫顿制成了氯化铵（1765年？）；勒布朗用盐和硫制备了苏打（1775年）；贝尔托莱

利用氯作为漂白剂。同样，在纯粹数学的指导下，数学家们发明了计算器。

近代科学的先驱们肯定希望和期待科学与技术之间存在一种极端密切的关系。那种为知识而知识的观念对他们没有什么魅力(452)。事实上，他们的最大愿望是，这新科学与旧的书本知识不同，将非常实用；新的知识将赋予人类以力量，使人类得以成为自然界的主人。培根对获得成果的实验的爱好至少不下于对提供启示的实验的爱好；伽利略做了建筑材料强度的实验；早期的科学院全都致力于实用的发明。巴黎科学院实际上发表了二十卷关于实用技术的集子，详尽论述了所有有关问题，并附有插图(Descriptions des arts et metiers, 1761—81)；主要由于这个科学院的影响，1795年在巴黎建立了第一个科学技术博物馆即 Conservatoire des Arts et Metiers [工艺博物馆]。此外，有些科学家还为改进他们祖国的实用技术和工业做了很有价值的工作。地质学家、制造业总监德马雷斯就是这种倾向的一个突出代表，许多传说都把干酪、布匹、纸张等的制造归功于他。

象以前和后来几个世纪一样，十六和十七世纪技术改良和发明的主要目标也是创造机械工具来减轻或取代体力劳动。亚里士多德就已经企望发明自动机器作为结束奴役人的手段。这种希望和信念也曾激励了近代科学的先驱们，而且延续了很长时间。那个时候，被机器取代的人们只是偶尔地对这种乐观主义发生过动摇。直到我们这一代才亲眼目睹，发展过度的机械化，如何导致生产的过度丰富而给人类带来不幸，如何将赤贫的众生驱使到肆无忌惮的蛊惑份子的残忍的暴虐之下。但这一切在我们所讨论到的那个时代中是做梦也想不到的。当时世界刚从中世纪的恶梦中苏醒过来，充满青春的活力和希望。这种新的世俗知识的先驱们相信，利用科学与技术能够驱使大自然的力量拉动人类进步之车前进。他们认为知是行之助，科学是技术之助。

因此，为了完全反映本卷所讨论的那个时期的精神，我们应该讲述一下那个时期的技术，而不能局限于纯粹科学的历史。这个任务极为困难。最大的困难在于要以十分明白易懂的方式描述非常复杂的发明，同时又不能用很大的篇幅，以免和其余部分不相协调。研究这些问题的唯一令人满意的方法是在适当的指导下去参观一下某个著名的科学博物馆。然而，既然总得有个开端，我们就(453)在这里做个尝试，希望传授这样一点知识不会对读者有什么害处，反而可以刺激读者的求知欲。

另一个困难就是如何适当安排我们所要介绍的那些材料。也许最好是大致按照技术发明和改良所要满足的各种基本需要的顺序——食物、衣着、房屋、保健、运输，等等。但这样安排在本卷并不完全行得通。直到十八世纪末的基本工具和技艺都发端于古代，近代前几个世纪中新出现的东西在上述几个部门里并非都同等重要。此外，肯定常常还有相互交混的情况。例如，在食物这个项目之下，就必须讨论农业、甜菜糖的化学以及将骨头制成冻胶的蒸气机。有人可能会对在技术名下看到论述医学的章节而感到惊奇。因此，关于医学那一章已放在生物科学那一章之后。同样，科学仪器的发明和改良也已在前面专门辟出一章加以研讨。其余技术问题的论述将按以下顺序进行：农业、纺织问题、建筑问题、矿业和冶金、玻璃制造、机械工程、蒸气机和机械计算器。

二、农业

农业大概是人类最古老的生产事业了。也许正因为这样，千百年来它一直是陋习和迷信的牺牲品，根本没有得益于科学研究。注重实践的古罗马人用经验方法实际上在农业方面取得了可观的进步，但他们的成就在中世纪里被遗忘或漠视了，因此近代的人们发现农业处于相当原始的状况。十六和十七世纪欧洲在农业上有相当大的进步。这些进步主要是经验上的，是用试错法得来的。但是，农业作业得到改良，发明了新的农具，并且对农业实验和结果的周密观察和记录还为农业现象的科学研究奠定了基础。

死板地按惯例划分土地和处理土地仍然是十七世纪农业的特征。可耕地、草地、牧场和荒地的划分被认为是永久性的，很少有(454)人认为可以进行定期的或偶尔的调换。而且，可耕地也每年有三分之一甚或半年时间不耕种，成为不毛之地。可耕地采用二区轮作制时，一半种植，而另一半休闲，每年交换一次。当采用优越的三区轮作制时，三分之一的可耕地种植黑麦、小麦和冬大麦；还有三分之一种植燕麦、夏大麦、混播牧草、某些豆类、豌豆以及巢菜；而剩下的那三分之一可耕地则休闲。这三分之一的休闲地每年要耕耘两三次，以清耕和平整，准备翌年种植。这种相当浪费的方法在十八世纪里在英国逐渐为所谓的诺福克轮作制所取代。这是一种四区轮种制，即分别种植苜蓿、小麦、萝卜和大麦，不让任何耕地休闲。类似的轮作制似乎在十六世纪就已在荷兰或许还有别的地方采用了，但直到十八世纪这种轮作方法才以诺福克轮作制的形式被广泛采用。英国采用这种耕作制是由于那里要栽培苜蓿和萝卜。这两种作物以及其他外来植物（甘蓝、胡萝卜、欧洲防风、蛇麻等等）之传入英国是理查德·韦斯顿爵士（1591—1652）以及特别是查理（绰号“萝卜”）·汤森（1674—1738）的功劳。

诺福克轮作制乃植基于某些从观察形成的信念，尚未达到科学的理解。人们相信，苜蓿以某种方式给小麦准备好土壤，因为观察到种过苜蓿的土地上小麦生长得更好。同样地，也以类似的经验方式而相信小麦为萝卜，萝卜为大麦，大麦为苜蓿准备好土壤基础。直到十九世纪，人们才懂得了其中的科学道理。汤森也象诺福克人以经验方式发现了施过泥灰的轻松土壤的优越性。有一首民谣体现了人们在这方面从经验总结出来的道理：

“泥灰施砂地，
等于买块田；
施在沼泽地，
不会白费力；
粘土施泥灰，
到头吃大亏。”

杰思罗·塔尔（1674—1741）作出了另一项实用的发现。他发现松 455 土而不施肥要比施肥而不松土更好。这种松土使空气、露水和雨水能更有效地到达作物的根部，为根向侧向生长增加了营养。但我们不知道塔尔对其中的道理究竟理解了多少。

图 226—十六世纪的犁

关于农具，在十六和十七世纪里发明了一些新的，也改良了旧的。直到十六世纪所用的犁都非常笨重，需用六到八头牛来拉。不过，就在十六世纪的某个时候，在荷兰发明了一种只用两匹马就可拉动的较轻的犁，并在十六和十七世纪传入英国，特别是诺福克和萨福克（图 227）。十六世纪的一个

富有想象力的工程师甚至构想出一种用两条牛拉的三铧犁，辅以绳索和滑轮。J. 贝松的(457)《数学仪器和机械器具图册》(Theatre des Instrumens Mathematiques et Mechaniques)(里昂, 1579年)中载有一幅这种三铧犁的图, 现复制在这里(图 228)。这幅图画得很精美, 但是, 象这个时期其他许多机械草图一样(见第二十二章边码第 536 页及以后), 它也不切实用, 因为绞盘和绳索每犁沟完一趟后必须移动并掉转方向, 因而沟就不能犁得很长, 结果就不合算。在十七世纪还发明了一种比较实用的畜力双铧犁(见图 229)。

图 227—诺福克犁

(456)图 228—贝松的三铧犁

图 229—双铧犁(本图的复制承蒙 J.C 和 T. 耶茨两先生允准)

我们现在可以把话题从犁耕的改良转到播种的改良。直到十七世纪为止, 在欧洲只采用两种播种法: 撒播法和穴播法。一般都是用手将谷粒或小的种子撒播在地上, 种子大致均匀地散布在耕地上。颗粒较大的种子, 例如豆类和马铃薯, 则用穴播法, 就是在土地上挖出一个个空穴, 它们排成平行的行, 每行上的空穴间有一定的间隔距离, 每个空穴里放上一颗或数颗种子。撒播法不仅要浪费大量的种子和人力, 而且还妨碍种子播下后有效地进行中耕。1600年, 休·普拉特爵士(在 Setting of Corne 中)推荐了一种穴播小麦的方法。他解释说, 这个想法是从一次奇遇得到启发而产生的: 一个“傻姑娘”偶然将麦粒跌落在穴播其它种子的空穴里, 结果那地方长出的小麦出奇地好。普拉特从而发明了一种固定在木板上的铁穴播器, 使手工穴播谷物既迅速又方便。杰思罗·塔尔在十八世纪发明的畜力条播机具有远为重要的意义。

现在我们来讨论农业作业的最后项, 即给成捆的谷物脱粒。(458)直到十八世纪, 脱粒这个作业一直是用手槌枷进行的, 这种农具今天仍用来给少量谷物脱粒。把一捆捆谷物放在打谷场上, 用槌枷捶打, 这样稿秆便脱离。剩下的是混有谷壳的谷粒, 然后再借助自然的风力或用风扇产生的人工风将谷壳分离开来。1636年, 约翰·克里斯托弗·范·伯格爵士取得了一种脱粒机的专利权; 但是直到十八世纪才由苏格兰工程师安德鲁·米克尔发明了第一部真正实用的脱粒机。米克尔发明的脱拉机也带有一个将谷壳和其他杂质吹走的装置, 并带有把小的种子同大的谷粒分开的细筛。

三、纺织

纺纱和织造是古老的技艺。它们的发明和早期的发展都在史前时期。而针织是比较晚近的工艺, 发端于十五世纪。用野草或稿秆交织可能是纺织工艺的最早形式。如果这种工艺可以说是织造的话(人们很可能就是这样认为), 那末, 织造的出现是比纺纱早。但如果不先把棉麻丝毛这些原料进行纺纱, 那就不能用它们织造。因此, 我们下面先概述一下纺纱的历史, 然后简述各种纺织发明。

纺纱

已知最早用来从短纤维纺成连绵纱线的器具是一种木制的手动锭子。它很象一根织针，长九至十五英寸，圆形，两端呈锥形。在拈转过程中，其中一端上的一个缺口掣挡纱线。大约在锭子的中部有一个锭盘，这是由泥、石或木制成的圆盘。它使得锭子旋转时有一定的稳定性，并使拇指得到休息。首先把短纤维互相平行地放置，以形成所谓的梳理卷。接着一些纤维被拈转并附着于锭子上，再旋转锭子（放在大腿上用手滚动，或放在右手拇指与其他手指之间拈转），然后用手拉出纤维，使其成为多少是均匀的纱线，并绕在锭子上。这种简单的锭子直到相当晚近的时期一直是唯一的(459)纺纱工具。后来又逐步进行了许多改革，但它们的年代和最初的式样都不得而知。在十四世纪或更早的时候，有人设计用一根皮带圈套住一个大轮子和锭子锭盘上的一个槽，这整个装置水平地放在一个专门设计的支架上。这个装置后来在英国称为摇动脚踏纺车，一直沿用到十九世纪初。大约在十六世纪中叶，据说德国不伦瑞克的约翰·于尔根进行了另一项改革。他给轮轴装上曲柄，并将它与一个脚踏板相联接，这样脚就可转动锭子，而操作者的手就可空出来拨弄纤维。另一项年代不详的改革是所谓的锭翼，用来在把纱线卷绕到筒子上之前拈转纱线。列奥那多·达·芬奇曾经画过一幅这种装置的图（大约在1490年）。十六世纪时普遍应用这种装置，并称之为“撒克逊脚踏纺车”。这种装置使得能够连续地纺纱。十七世纪出现了“撒克逊纺车”的一种改良形式，它带有两个锭子和两个筒子，操作者用右手操作一根线，用左手操作另一根线。

织造

古代埃及人在织造技术方面取得很大的进步，至少早在公元前十二世纪就发明了织机。在这种织机上，经线从一个横梁上竖直下垂，交错的经线通过线圈附着于一个杆（即综丝）上，这样便能一起向前运动而让纬线通过。同样，另一组经线可向后运动而让纬线沿相反方向通过。经线所需的张力靠两端悬垂的重物来提供。奇数和偶数经线用分经棒分开。纬线缠在一个线框上，这个线框可以通过综丝所张开的距离。用一种梳来使纬线紧密以使织物致密。这种织机大约在公元四世纪开始传入欧洲，一直沿用到十八世纪初。其间，只作了一些小的改革，主要有下述几项。织机水平安置；发明了踏综杆来操纵综丝；用一个笄座来使纬线运动到其位置上。

图 230—中国织机。上：平纹织机；下：手工提花织机

综丝后来改造成为带有绳索的轻木框，绳索与织机上(460)的纱线成直角，绳索并带有眼孔可让经线通(461)过。踏综杆受到压力后，便使一个综框向下降而另一个向上升，这样便为纬线张开了一个通道。这种简单织机很适用于织造平纹织物。再添加一些综框，就可在平纹织物上织出简单花纹。更精致的花纹只能用手工提花织机织造，这种织机大概在公元前九世纪到三世纪之间发明于中国。在这种手工提花织机上，每根经线都由一个独立的综束控制，操作者可以同时将所有必需提起的纱(462)线都提起，以给线框或梭子提供一个单通道。经线的运动由水平安装的滑轮绳索来控制。这些水平滑轮

绳索连结有竖直绳索,必需一次提起的竖直绳索都连接到一根粗重的导索(防止产生蛛网这种织疵),而下一次提起的竖直绳索连接到另一根导索。这些竖直的绳索由织工的助手向前向下牵拉,而这种运动提起综束,张开经线,从而使织工可将梭子通过去。操纵导索是相当费力的,因而在手工提花织机实现自动化之前很久,就进行过各种机械改良。但是,最重要的改良直到十八世纪才出现。

图 231—十七世纪的手工提花织机

图 232—一种早期的织带机

我们在这里还必须谈一谈织带机,尽管它的历史现在还很不清楚。织带机大概在 1621 年前后发明于荷兰,并在十六世纪传入(463)英国、德国和瑞士应用。这种织带机能同时织好多条带子。它装备有许多线框(或小的经轴),其数目视织制的带子条数而定;同时它还有相应数目的卷布辊,它们在织带的同时卷取带子。织带机在 1765 年已基本上自动化。

这里还可再就机织布的缩绒工艺说上几句。旧法缩绒是把布放在槽里踩踏。这种工艺一直延续到中世纪晚期。大概早在十二世纪就已经有了水力缩绒机。但是,现存最早的一幅缩绒机图画出现于 1607 年,即刊印在宗加关于作坊和机器的论著里。那里所描绘的缩绒机是一种相当简单的机器,由一个水车驱动一根轴,这轴上装有凸轮,以提起两个沉重的木锤。凸轮的运动带动木锤打击槽里的布。这种缩绒机节省了大量劳动力,因而也促进了机织布缩绒后处理工序的改良。这样,织成的布就不再从织机取下直接就送往市场。有时,这种缩绒机也可用作最初的洗衣机,因为(464)当没有布缩绒时,这机器就用来给村民洗衣服。(见边码第 464 页上的图 233。)

图 233—缩绒机

针织

针织术在某些方面来说是一种比织造更为复杂的工艺。在织造时,一根根纱线互成直角地交织,同编织草制品的方式大致相仿。这是一种相当简单而又直观的制造织物的方法。针织时,织物是由单独一根纱线连续成圈而产生的,这种工艺远比织造精巧,但很不直观。因此,无怪乎针织技术出现得较晚。针织品——例如毛线帽和毛线袜或丝袜——直到十五世纪末才流行起来,但那以后很快就需求激增。在此之前,袜子都是用布做的。布袜和针织袜相比,肯定既不好看又不舒服。因此,我们有理由认为,针织技术发明以后,没有多少时间人们就都普遍穿起针织袜。当然,针织起初是用手来做;但随着对针织品的需求迅速增长,人们就自然想到发明机械的方法。然而,有趣的是,在工业国家中,纺纱和织造早已不再是(465)家庭的手工业或消遣,但是手工针织却至今仍然未完全为机器所取代,并日益广泛地成为许多家庭妇女甚至有些男人的一种时髦的爱好。

图 234—一种早期的织袜机

第一部针织机即所谓的“织袜机”,大概在 1589 年发明于英国。发明者

是诺丁汉附近卡尔弗顿地方的副牧师威廉·李。他未能得到伊丽莎白女王和詹姆斯一世国王授予的专利权，遂迁往法国，卜居鲁昂。可是，他的织袜机不久也在英国获得广泛采用，特别是为伦敦的斯皮塔尔费尔兹工场丝绸工人以及莱斯特和诺丁汉的工匠们所采用。

李的织袜机是一种脚踏板操纵的机器，每个线卷各有一根织针。起初，这种机器只能织出平针织物，要把两边缝起来才能制成缝合的袜子。后来，李发现，在编织过程的某些阶段上让机上的某(466)些针钩失去作用（相当于漏针），他的织机即可织出成形的袜品。即使是最初型式的织袜机也比手工快十至十五倍，而且可以由一个十二岁的孩子来操作。

当然，这种织袜机并不是完全自动的，它在动力上以及机器各部件运动的协调上都依赖于操作工人。然而，这种织袜机乃是后来针织机和花边机械方面一切发明的基础。不过，织袜机直到十八世纪才得到最重要的改良。

（关于农业，参见 N.S.B.Gras, *History of Agriculture in Europe and America*, 1926; R.E.Protheroe, *English Farming, Past and Present*, 4th ed., 1932。

关于纺织等，参见 A.P.Usher, *A History of Mechanical Inventions*, New York, 1929。

关于机械工程，参见 T.Ewbank, *Hydraulic and Other Machines for Raising water*, New York, 1842; R.S.Kirby and P.G.Laurson, *Early Years of Modern Civil Engineering*, Yale, 1932。

Catalogues of the Science Museum, South Kensington, London 的有关部分也很有用。)

第二十一章 技术：(467)四、建筑

1. 建筑材料的强度：达·芬奇

从幸存的列奥那多·达·芬奇的笔记手稿中，可知他对材料在应力下的性能进行过实验研究。他也许是最早超越古代和中世纪施工人员单纯按经验法则处理结构问题的做法而有所进步的人。列奥那多在他那几本被称为“MS.A”和《大手稿》(Codex Atlanticus)的笔记(见Ivor D.Hart: The Mechanical Investigations of Leonardo da Vinci, 1925)中讨论过一些这类问题，都是关于柱和梁的强度。

列奥那多认识到，由一群紧密的柱身构成的立柱所能承受的荷载要比这些柱身各自独立所能承受的荷载的总和大许多倍。他提出了一个证实这一点的实验。让一段竖直的铁丝下端固定，上端加上一个使它开始弯曲的荷载；然后再把两根、四根等等数目的这种铁丝捆在一起，依次给它们加上使之开始弯曲的荷载；比较这些荷载。他似乎从这实验得出了这样的结论：一根高度给定的支柱的承载能力与其直径的立方成正比。列奥那多认为，给定截面积的支柱的承载能力与其高度成反比。他还尝试确定当支柱的高度和直径都变化时，其承载能力将如何变化(1757年欧勒率先用数学方法来处理这一问题，但仍然很困难)。他还用实验比较了单根大木的梁和由多根同样大木束缚在一起而构成的梁的承载能力。在一例实验中，他发现梁的承载能力与组成它的大木数目成正比，看来他没能把那些大木很牢固地扣紧在一起，但是他正确地确定了，给定截面积的梁的承载能力与其跨度成反比，他还研究了为产生象给定的一段跨度的变位所需要的荷载如何随这跨度而变化。列奥那多的结果与现代的公式并不总是一致，但是我们应(468)当考虑到他使用的那些方法都很粗糙，而且他的笔记也带有未完成的性质。

伽利略

伽利略对材料强度科学的贡献是内粘理论以及一系列关于梁的强度的基本命题，由于伽利略的研究，这一学科才开始引起了学者们的注意。

伽利略的研究成果载于他的《关于两种新科学的谈话》(1638年)中。书中所研究的问题部分地是通过在威尼斯兵工厂的观察以及与工匠们的谈话得到启发而提出的，这可证之于书中各主要谈话者的谈话。

在一艘大船下水的时候，必须谨慎防止它因自身的重量而破裂，而对于一艘以同样材料制造的、式样完全相同但比较小的船，则不必操这份心。这就使人们注意到尺度作为决定一种结构之强度的因素的重要性。施工人员似乎自古以来就在用来处理沉重立柱等方法中考虑到了这个因素。伽利略从当时流行的观念出发，进一步探讨了材料抗断裂力的本质和测量问题。

固体的粘性部分地得之于对通过分离组成微粒而形成真空的抵抗(例如对分开两个相接触的抛光表面的抵抗)，部分地得之于其中存在把这些微粒结合在一起的粘性物质。描述了一个实验，它通过测试把一个装在充满水的密闭的汽缸中的活塞拉出来所需的力，来确定对水中产生真空的限制阻力。工匠都知道这样的事实：在抽水时，如果聚水坑(泵的吸水管所插进的井或

池塘)中水位处在某一高度以下,则吸水泵将不能工作。这说明上述阻力是可以足够的拉力加以克服的。沙格列陀说:“迄今为止我一直那么不善思考,以致尽管我知道,一根木索或铁索或者一根木杆或铁杆如果十分长,那末当握它的上端时,它会因自己的重量而断裂,但我却从未想到水柱也会这样,而且更为容易。”

水柱的最大高度是 18 腕尺。根据某一黄铜丝断裂时的载荷,可计算出长 4,800 腕尺的这种黄铜丝的自重可使其断裂;由于黄铜重大约是水的 9 倍,所以“就依赖于真空而言,任一黄铜杆的断裂强度都等于 2 腕尺这种黄铜杆的重量。”因此,黄铜杆相当(469)大的剩余强度归因于粘性物质的作用(Discourses, pp.14ff, 载 Crew 和 Salvio 的译本),虽然这可能只是固体最小微粒间的一个个小真空的累积效应。

《谈话》第二日主要考查一端水平固定(例如固定在墙上)另一端荷载垂直悬挂的重物的梁的抗断裂力。首先考虑的问题是这种抵抗力如何因梁的长度、厚度和截面积而变化。在处理这些问题时,伽利略不得不创造他自己的术语,而这些术语都不太明确。例如,他没有精确地把梁的挠矩与由此引起的抗力的力矩区分开,也没有与这些抗力本身区分开来。他所作的都是几何证明。

在伽利略关于梁的命题中,他假设裂面的底 AFDA (图 235) 只受拉应力的作用,而忽视了为保持梁处于静止所需的等效压应力。他进而又错误地假设,这种拉应力均匀地分布在这底上,并等效于穿过其中心的合力 P。他完全忽视了梁在荷载作用下可能产生的任何变形,把产生应变的梁的纤维看成是不可延展的。然而,这些错误并不影响他在测定截面积相同的各个梁的强度之比时所具有的正确性,因为在这种情况下,抗力矩的力臂始终是梁截面的高度的同一部分。

图 235——一端水平固定的梁的抗断裂力

现在我们把他的几个命题复述一下;下面是概要分析它们的(470)证明时所要用的记号:

L = 梁的跨度;

d = 梁的高度或直径;

W = 荷载;

P = “抗力”,即挠矩所引起的裂面底 AFDA 上的力(假设它沿水平方向通过底中心起作用);

T = 通过底中心纵向地作用的力,可引起直接拉力损坏;

B = 挠矩 = $W \times L$;

M = 抗力矩 = $P \times \frac{d}{2}$;

$M_{max.}$ = 梁所能承受的最大抗力矩。

命题 .——由于重物 w 和抗力 P 的作用,实棱柱体 ABXF 处于平衡。(梁的重量略去不计。)这两个力通过产生对 AA 的相等力矩而平衡,故用符号表示就有:

$$B = M, \text{ 即 } W \times L = P \times \frac{d}{2} \qquad \frac{W}{P} = \frac{d}{2L}$$

腕尺——由时至中指指尖的长度,约为 18 至 22 英寸。——译者

命题 .——“任一给定的宽度超过厚度的直尺或棱柱体侧立时要比平放时具有更大的抗断裂力，且这两个抗断裂力成宽与厚之比。”命题 .——处理由于梁自身重量所产生的挠矩，它证明与长度平方成正比。命题 和实际上是命题 1 的推论。

命题 .——“长度相等但厚度不等的棱柱体和圆柱体，其抗断裂力〔的极限力矩〕与裂面底厚度的立方成正比。”对于一个直径为 d 的圆柱体，在断裂时有：

$$P = T \text{ 底面积 } d^2; \quad M_{\max} = P \times \frac{d}{2}$$

$$M_{\max} \propto d^3$$

这个结果扩充成命题 以证明，“长度与厚度都不相等的棱柱体和圆柱体所具有的抗断裂力”（即在它们的末端所能承受的荷载）“与它们的底的直径的立方成正比，而与它们长度成反比。”

$$M \propto d^3 \text{ (由 得出)}; \quad B = W \times L;$$

当 $M = B$ 时， $W \propto \frac{d^3}{L}$ 命题 是说，一端水平固定并只支持其自身重量的相似圆柱体或棱柱体，它们裂面底上实际产生的抗断裂力与极限抗力的二分之三次方成正比。在每个圆柱体中， $M = B$ ，即

$$P \times \frac{D}{2} = W \times \frac{L}{2}, \text{ 或 } \frac{P}{W} = \frac{L}{D}$$

$$\text{同理, } \frac{p}{w} = \frac{1}{d}$$

但由于这些圆柱体相似，即 $\frac{1}{d} = \frac{1}{D}$

$$\frac{P}{P} = \frac{W}{w} = \frac{D^3}{d^3}$$

但底的极限强度之比 $\frac{T}{t}$ （比如说） $= \frac{D^2}{d^2}$

$$\frac{p}{P} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{3}{2}} \text{ —}$$

命题 .——“在一系列沉重的相似的棱柱体和圆柱体中，有一个而且只有一个在其自重应力的作用下恰好处于断裂与不断裂之间的界限上，因此凡是比它大的都承载不了自身的重量而断裂；而凡是比它小的则能够支承一定的倾向使之断裂的外加力。”

$$B = W \times \frac{1}{2} \propto (d^2 \times L) \times \frac{1}{2} \propto d^2 L^2$$

但在相似的棱柱体中， $L \propto d$ ； $B \propto d^4$

但 $M_{\max} \propto d^3$ (命题)； $\frac{B}{M_{\max}} \propto d$

只有在 d 的一个数值上， B 才会等于 M_{\max} 。

(472) 这个命题表明，并不象似乎已经假设的那样，相似的梁并非全都具有相同的强度。命题 给出一端固定且恰能支持其自身重量的圆柱形梁的

长度与直径之间的关系：“假定一个圆柱体或棱柱体具有其自重不致其断裂的限度内的最大长度；假定一个更长的长度，试求另一个具有这较大长度的圆柱体或棱柱体在其为唯一的且最大的恰能支承其自重的柱体时的直径。”已经证明，当圆柱体的直径随其长度的平方而变化时，这个条件得到满足。

对于每个圆柱体，重量 Ld^2 ； $B = Ld^2 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} L^2 d^2$ ，并有 M_{max} 。

Ld^3 ； $B = M_{max}$ ，若 $d^3 = L^2 d^2$ ，即若 $d = L^2$ 的话。

由这些命题可得出结论：“在技术上和在自然界中，都不可能把结构的尺寸增大到极其大”

(Crew, p. 130)。书中还指出，体格庞大的鱼和巨大的轮船之所以能够安全地存在于海洋之中，是因为水夺去了它们的重量。

接下来考虑的是在两点支承、中点加荷载的梁。书中证明，在这种条件下，一根截面均匀的梁在靠近支承点处要比支承点中间部分强度大。因此，在支承点附近的材料可以被去除。这就引起了为一个给定荷载寻找一个梁的形状，使得在各截面上最大应力处处相等的问题。伽利略为宽度均匀、一端固定而自由端（伸臂）负有荷载的方梁这种特定情形，确定了这种“强度均匀的梁”的形状，梁的自重忽略不计。对于一给定荷载，截面 CNO（图 235）上的抗力矩与截面 CNO 的面积成正比，也与截面的高度 CN 的二分之一成正比，因而也与 CN 的平方成正比。但挠矩与 CB 成正比。因此，为了在所有的截面上得到相同的强度，CN 的平方必须与 CB 成正比，因而梁的剖面 BNF 应是抛物线形的，这就需要砍去材料的三分之一。伽利略描述了 (Crew, P. 148) 画抛物线的方法：将一个黄铜圆球沿着一个近乎直立的金属镜面抛出，于是铜球就在这镜面上描出一条抛物线。

《谈话》第二“日”即第二部分最后研究了空心圆柱体作为梁时的强度问题。书中证明，“在两个圆柱体一个空心而另一个实心但(473)体积和长度相等的情况下，它们的抗力”(抗力矩)“互成它们的直径之比。”

(抗力矩) = (截面积) × (截面直径)。两个圆柱体的截面积相同 (= 体积/长度)，所以力矩与直径成正比。

不过，伽利略低估了空心圆柱体的相对强度。因为，令 A 为上述命题中的每个圆柱体的截面积，并令

D = 空心圆柱体的外径；

d = 空心圆柱体的内径；

= 同体积实心圆柱体的直径。

如把模数定义为抗力矩除以外层纤维所产生的应力，则我们有：

	真模数	伽利略的模数
空心	$\frac{AD}{8} \left(1 + \frac{d^2}{D^2} \right)$	$\frac{AD}{2}$
实心	$\frac{A}{8}$	$\frac{A}{2}$
比率	$\frac{D}{4} \left(1 + \frac{d^2}{D^2} \right)$	$\frac{D}{2}$

关于伽利略在梁的强度方面所得结果的物理真实性的实验检验的最早记载见诸瑞典人 P. 武尔茨与法国建筑师弗朗索瓦·布隆代尔的通信，它发表于《1666 至 1699 年皇家科学院备忘录》(Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences depuis 1666 jusqu'à 1699)(Vol. V, p. 477)。关于这通信以及随后发生的论战这段历史，见 P. S. Girard: *Traité analytique de La Résistance des solides, etc.* 的引言 Paris, 1798)。布隆代尔在 1657 年的一封信中宣称，伽利略的均匀强度梁的剖面应当是椭圆形的而不是抛物线形的。而武尔茨回信说，他已在他 1649 年的《伽利略的后期》(Galileus Promotus) 中研讨过这个问题。比萨的 A. 马什蒂在他于 1669 年发表的论述固体抗力的《伽利略的发展》(Galileus Ampliatus) 中，也对伽利略的结果作了同样的修正。马什蒂与格兰蒂两人因教授职位而互相妒忌，这促使格兰蒂写了一篇关于固体抗力问题的综合性几何论文，载于他的《辩解的反驳》(Riposta Apologetica, 1712) 之中，文中指责马什蒂剽窃。但伽利略关于不可延展纤维的假说没有得到纠正；这两位意大利作家也没有用实验检验他的结论的正确性。(474)

马里奥特

然而，在法国，埃德梅·马里奥特(法兰西科学院的奠基人之一)也在结合他的水力学工作研究材料强度问题。水力学在当时只是为了满足观赏用的喷水装置的需要。在他的《论水的运动》(Traité du Mouvement des eaux, 德扎古利埃的英译本, 伦敦, 1718 年)第五部分的第二讲中论述了固体的抗力和水管的强度问题。

图 237—梁的抗断裂力

在伽利略的理论中， $W \times L = T \times \frac{d}{2}$ 或 $W = \frac{1Td}{2L}$ ，其中 T 为极限强度，即截面 ABB 对直接拉力的抗力，w 为梁的断裂荷载。

但是，马里奥特对梁做了实际的试验。实验表明，上面的方程式应写为 $W = K \cdot \frac{Td}{L}$ ，其中 K 不是如伽利略所设想的 $\frac{1}{2}$ ，而更接近 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{4}$ ，而如果抗拉强度的数据更准确的话，他本来会发现 K 的数值还要小。马里奥特解释了这个差异，他设想纤维在不同荷载下，延展程度也不同，与荷载成正比，但在有一个延展度之下，纤维再也支撑不住而断裂。马里奥特对这些实验结果在理论上作了隐含的解释，其基本步骤如下(图 237)：

(475)把裂面底 ABB 划分成几个相等的水平条子。对每个条子作用的力都来自荷载 W 的一部分。试考虑顶部的条子 AA'，它离 BB' (假设梁以 BB' 为统合部) 的距离为 d。设这顶部条子断裂时的伸长是由于在 C 点上的总荷载 W 的一部分 W'。于是，条子 FF' (在 BB' 的上方，离 BB' 的垂直距离为 yd, 其中 y 小于 1) 断裂时的伸长乃由作用在 C 点的荷载 yw 引起(因为作用在 FF' 的一给定抗力对 BB' 的力矩是作用在 AA' 的同一抗力矩的 y 倍)。但是当 AA' 处的伸长达到断裂点时，FF' 处的伸长只增加到其断裂值的 y 倍，为在 FF' 处产生这伸长所要求的 C 处的荷载为 y^2w 这样，引起断

裂的荷载就是： $W = \Sigma y^2 w = w \cdot \Sigma y^2$ 。

对于自底部起第 m 个条子， $y = \frac{m}{n}$ ，于是，

$$W = w \cdot \sum \left(\frac{m}{n} \right)^2 = \frac{w}{n^2} \cdot \sum m^2 = \frac{w \cdot n(n+1)(2n+1)}{6n^2} \\ = \frac{nw}{3} \left(1 + \frac{1}{n} \right) \left(1 + \frac{1}{2n} \right) \quad (A)$$

整个裂面底的合力 P 是 n 个条子上全部力元 p 的总和。

将对 BB 的力矩列成方程式，我们对条子 FF 有：

$$p \cdot yd = wy^2 \cdot L; \quad \therefore p = \frac{wL}{d} \cdot y = \frac{wL}{d} \cdot \frac{m}{n} \\ P = \epsilon(P) = \frac{wL}{dn} \cdot \frac{n(n+1)}{2} \\ = \frac{nw}{2} \cdot \frac{L}{d} \left(1 + \frac{1}{n} \right) \quad (B)$$

把方程式 (A) 和 (B) 合并，并设 n 的数值大到 $\frac{1}{2n}$ 可忽略不计，我们便可以

得到 $\frac{W}{P} = \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{L}$ 。但如果设 P 与 y 成正比，则 P 的平均值只是其最大值的二分之一。这样，当 AA 处最外纤维延展到断裂点时， P 只是梁对纯拉力的绝对抗力 T 的一半。因此， $W = \frac{1}{3} \cdot \frac{Td}{L}$ ，而在伽利略的结果中这个数值是 $\frac{1}{2} \cdot \frac{Td}{L}$ 。这倾向于证实上述马里奥特的结果。

现在我们可以将在各家关于应力在裂面底上的分布的假说之下的抗力矩 M 进行比较， M 是一个截面为 $b \times d$ 的方梁的抗力矩，最外纤维应力为 f ，该截面极限抗拉强度为 T (图 238) (476)

马里奥特的实验结果 $M = \frac{1}{4} \cdot Td$ 或 $\frac{1}{3} Td$ 肯定是对 T 值的一个错误假设为根据的。他的梁是一些装在水平承窝里的圆柱形杆件，而他的抗拉强度是从对一些直径与梁相同的圆柱体所进行的实验得出的，这些圆柱体的端头是哑铃形的，荷载用绳子固定在上面。这种固定方式肯定使这些试件发生一些弯曲，而得出的结果便使马里奥特低估了它们的抗拉强度。马里奥特对他所达到 (477) 的理论与实验间的一致感到满意，因此他也就不再继续研究这个问题了。但是，他对更为精确的理论也曾有过一些想法，因为他注意到梁在由于荷载而弯曲时，其下部纤维压缩而上部纤维延展。他写道：“你们可以想象，一半厚度的那部分挤压在一起，其中靠近外面的要比靠近中间的挤压得更厉害，而另一半厚度的那部分则延展。”但他看来没有注意到，根据这种假说， $M = \frac{1}{6} Td$ 。

图 238—根据各种假说对抗力矩作的估计的比较

马里奥特表明，甚至脆性材料在荷载的作用下也会延展。他测量了一根

长 4 英尺、厚 1/4 线 的玻璃棒的伸长 (4/5 线) , 同时注意到一旦荷载卸除 , 玻璃棒便又回复到其原来的长度。

与伽利略的见解相反 , 马里奥特关于梁性质的思想受到莱布尼兹的支持。莱布尼兹 (*Demonstrationes novae de Resistentia solidorum. Act. Erud. , July , 1684*) 认为 , 纤维是可以延展的 , “ 它们的抗力与伸长成正比 ” , 因而他提出将胡克定律应用于单根纤维 , 这个假说后来称为马里奥特—莱布尼莎理论。

胡克

在英国 , 在做了象伽利略那样的测定金属丝粘性的实验之后 , 皇家学会于 1664 年 2 月决定 “ 测试各种木材在挠曲、韧性等等方面的强度 ” , 并责任胡克来负担这项工作 (T. 伯奇 : *History of the Royal Society , Vol. , pp. 384 , 405*) 。威廉·配第爵士和布龙克尔勋爵参加了这项工作。但是 , 除了 “ 类似木件的断裂重量之比例系按照断裂木头的裂面底 ” 之外 , 没有留下任何关于其方法和结论的详细说明。一些关于可压缩性与 “ 弹性 ” 的没有结果的讨论载于伯奇的后面两卷 (II , P. 316 和 , p , 109) 。

2. 结构力学：十七世纪之前

在古代东方和希腊的建筑学中 , 很少考虑使立柱的直径与其高度和荷载成一定比例。在后来的罗马帝国 , 曾力求节约支柱的材料 , 但维特鲁维乌斯显得对建筑的科学原理完全无知。中世纪 (478) 的施工人员似乎已经按经验法则处理结构问题 , 这些方法都按口授传统只传授给工艺师。无疑 , 他们从不稳固的或荷载过重的建筑物的倒塌中学到不少东西。尽管我们找不到当时流传下来的明确理论和法则 , 但格威尔特 (*Encyclopaedia of Architecture , 1881 , p. 407*) 表明 , 在中世纪建筑物的底面图上 , 建筑物任何部分的支承物的总截面积总是与该部分的总面积保持一定的比例 , 这个比例在任何时期都相当固定 , 但是后来随着时代的前进 , 这比例便逐渐地减小了 (从四分之一减到八分之一。早期的建筑物几乎必定是根据图样建造的。中世纪的图样幸存下来的寥若晨星 ; 因为当时应用的羊皮纸和木板大都要擦去重用 , 这样幸存至今的就很稀罕了。用墨水按面图投影画在纸上的建筑图出现在十四世纪。精致的图样在十六和十七世纪开始出现 , 但它们并不总是很忠实地得到遵守。

巴拉迪奥

继哥特式时期之后 , 建筑学上开始出现古典复兴式 , 其特征是努力研究和摹仿古代比例。十六世纪出版了许多解说古典模型的书 , 作为学者式建筑师的指南。其中最有影响的是《安德列·巴拉迪奥 (1518—80) 的建筑学》 [*The Architecture of Andrea Palladio (1518—80)*] , 出版于 1570 年。这部著作有好几种英译本 , 其中最好的是 I. 韦尔 1738 年的译本。这部著作的四卷分别研讨的是 :

1 线 = 1/2 英寸。——译者

- (1) 建筑材料；柱型；其他；
- (2) 古希腊和古罗马的房屋以及作者的设计图案；
- (3) 道路、桥梁、广场、会堂和竞技场；
- (4) 古罗马和其他时期的庙宇。

这部著作主要根据维特鲁维乌斯的著作，但也包括对一些新近建造的桁构木桥的说明，不过没有从力学上解释清楚它们的结构。巴拉迪奥提供了根据跨度来确定圬工拱拱座厚度的法则。拱座必须承受来自它们所支承的拱的水平推力，哥特建筑师用尖拱来最大限度地减小这种推力，而且他们知道如何将一个拱的推力去抵消相邻拱的推力。但是，他们似乎没有提出什么理论。巴拉迪奥指出，拱座的厚度不应少于拱跨的五分之一，但也不必多于其四分之四；然而他的法则是存在缺陷的，他没有估计到在调节拱的水平推力时拱高的影响。他还错误地假设，半圆形的拱对其拱座没有水平推力。但甚至在胡克、雷恩和格雷戈里建立了比较令人满意的拱理论之后过了很久，他的权威仍未受到质疑。

德朗

弗朗索瓦·德朗在他的《拱建筑学》(L'Architecture des Voutes)(巴黎, 1643年)中提出了一种适用于任何拱的拱座的作图法, 这种作图法在十七世纪曾经为大家广泛接受。这部著作主要研讨测体积学, 但也包括(Part , Chap.) 下述的作图法(图 239)。

图 239—德朗确定一个拱的拱座的作图法

设 ABC 为拱腹。画出三条相等的弦 AQ、QB、BC。延长 BC 至 D, 使 CD = BC。于是通过 D 的垂线即表明支承拱的墩的背面应位于哪里, 故 FG 便是这拱座所需的厚度。这一方法同样适用于半圆形、弓形和尖形的拱。这一法则要比巴拉迪奥的高明得多, 因为在拱高减小的同时, 它提供了更大的拱座厚度。不过, 正如雷恩所指出的那样, 这一法则没有把墩的高度和拱的荷载作为两个因素在这个问题中考虑进去。

文艺复兴时代的建筑师由于越来越喜爱立柱下楣结构, 因而对拱的兴趣日渐低落。罗马式公共建筑最初系作为一种安全的建筑方法, 可供整个帝国那些不太高明的施工人员去搬用; 而在十七世纪的欧洲, 则已没有这种必要。仿古典式建筑所采用的砖墙、木(480)地板和屋顶体现了某些传统法则。J. 朗德勒在其《建筑艺术》(L'Art de Batir)(巴黎, 1805, 1810年)中曾专门研究过这些传统法则。根据对二百八十例古代和近代建筑物的分析, 朗德勒推算出对于不同墙高和屋顶跨度的习惯的高厚比。例如, 对于一堵长度为 l、高度为 h 的墙, 其正确的传统厚度可求得为 $\frac{h \times l}{N \times d}$, 其中 d 为边长

l 和 h 的长方形的对角线 (因而等于 $\sqrt{l^2 + h^2}$), N 为一个从 18 到 27 变化的数, 视建筑物的等级以及 h 与 l 之比而定。一些根据朗德勒法则编制的表载入了 1855 年的《都市建筑法》(Metropolitan Building Act)。这些表今天仍基本上得到遵循, 并为大多数地方法所采纳。

十七世纪

对十七世纪建筑传统作过最好记述的是约瑟夫·莫克松（1627—1700）。他是在伦敦经营数学书籍和仪器的商人，业余爱好力学技艺，也做过查理二世的水文学家，他是皇家学会的会员。他的著作《力学练习》（*Mechanick Exercises*）自1677年起分两个系列按月连载，研讨诸如锻工、细木工和建筑等等力学技艺。书中只是描述了传统的实用知识，并丝毫未受伽利略、笛卡尔的研究以及各科学社团的影响。

莫克松对木地板建造的阐述（*Mech. Ex. , Vol. I , p.140 in Isted.* ）表明，当时已认识到，横过梁木纤维开一个榫眼对梁的强度的损害甚至比顺着纤维开一道相当长的狭槽还要严重；在搁栅跨端头的一个小雄样就能支承中跨处相当粗大的梁（因为象我们应该说明的那样，挠矩从搁栅两端向其中中央逐渐增大）。但莫克松对这些性质的技术原理没能给出令人满意的解释。

雷恩

图 240—克里斯托弗·雷恩

克里斯托弗·雷恩爵士没有写过材料强度方面的著作，但他做的关于公共建筑物状况的官方报告中却包含许多对建筑结构问题的评论。例如，他批评了老的圣保罗教堂屋顶的设计和建造方法，当时这个建筑物正面临坍塌的危险之中，它自身的重量使墙壁散开，把造得很糟的支柱向外推。雷恩做的结构计算，甚至那些为圣(481)保罗教堂做的计算都没有保存下来。他的计算可能很不细致，因为在建造的过程中他不断改变计划。1669年在关于索尔兹伯里教堂的报告中，他批评支柱底座扩展不恰当，立柱不足以支承上面的重量（特别是那四个支承尖塔的支柱，尖塔是后来想到才增加上去的），墙壁的加固铁箍可能存在隐藏的裂缝，或者因生锈而损坏。在1713年关于威斯敏斯特教堂的报告中，雷恩指出，交叉处的四根支柱不够粗大，抵不住那么多拱的向内推力，除非上面有一座中央塔来承载。许多哥特式大教堂为了这个目的都设了这种塔）雷恩建议也给这教堂添上一座。同时，他还用铁加固其结构，他也把这个方法广泛用于圣保罗教堂。（关于上面讲到的那些报告，见 *Parentalia of the Wren Family , by Stephen Wren , 1750.*）雷恩对建造拱顶及其支承柱的哥德式方法并不满意。他还批评德朗确定适合于一个给定拱形的拱座厚度的作图方法（边码第479页）不是普遍有效的。然而，雷恩自己判定一个拱座稳定性的准则也是不足取的，尽管它没有使他在实际中犯过错误。他设想（*Parentalia , p.356*），一个拱是由重心在M的矩形竖立体（图241），在它上面添加重心在N的块体ACD构成的。如果这两个分别集中在M和N处的质量对于垂线AB是等质量的，那末这石头的全部质量就会稳固地座在其基础之上。这拱的另外一半的构成与此相同，两半在D会合。这样，整个拱就象那两半一样稳固。于是，雷恩认为这拱就象两组对称而又稳固的伸臂和平衡块。他忽视了通过D的水平推力以及由于拱肋两半荷载不对称所产生的剪力。他的理论使人们以为在A处的受拉应力极其强，并使人认为对基础的最大压(482)力是在B。然而，如果BC很高的话，拱的水平推力（这个力被他忽视了）便将这压力中心移向G或更远的地方。

图 241—雷恩的拱概念

胡克

罗伯特·胡克在他的第三册卡特勒讲义的附录中以字谜形式列出了他的部分发现。其中一个系关于“各式拱建筑的正确数学和力学形式，以及各式拱所必需的正确拱座”；第二个字谜据称给出“真正的弹性理论”，而第三个字谜描述“一种新型的哲学尺度。”

第一个字谜的解在胡克死后由沃勒在他的论文中发现，那上面写道：Ut pendet continuum flexile sic stabit continuum Rigiduminversum，它的意思是，一个稳固的拱应当状如（倒置的）一根由于自重而自由下垂的柔性链条（悬链）。这实际上是环节多角形的先声，但尚需通过改变链环的重量来加以修正，以表示加于拱的相应部分的荷载。胡克关于结构问题的观点以他当伦敦大火之后的勘察官的实践经验作为支持。在 1670—71 年皇家学会的一些会议上，胡克曾对他的拱的法则作过一些含糊其词的暗示（Birch, Hist R.S., II, pp.461, 465, 498）。戴维·格雷戈里在未对胡克致谢的情况下在 1697 年的《哲学学报》上发表了这法则，这或许是由于泄露，也可能是格雷戈里独自发现。在他文章中关于“一条重而柔软的链条从两个悬挂点自由下垂所形成的悬链或曲线的性质”那个部分中，格雷戈里（Proposition II, cor.6）指出，“在一个垂直平面上，但在倒置的情况下，这链将保持其形状而不降落，这样就将构成一个非常细小的拱或穹窿：亦即无限小的、刚性的和抛光的球体散布在倒置的悬链曲线上，构成一个拱，它的任一部分都不被其它部分推向里面或外面，但由于最低部分保持坚定，因此它将靠着自己的形状而支持自己。反过来说，只有悬链才是正确的和合理的拱或穹窿的形状。”朗德勒（L' Art de Batir, 1808, I, p.138）声称搞过十五个小球形成的稳固的悬链形拱。只有当悬链拱每一段所承受的荷载与该段长度成正比时，这个拱才是稳固的。据信雷恩已经解决了拱的问题，但找不到明确的证据证明这一点。不过，w.G 艾伦和 C.S 皮奇指出（Journal of the R.I.B.A., Vol. (483) XXXVII, 3rd Series, No.18, pp.664, 665），圣保罗大教堂的支柱和圆锥体都严格符合悬链形状，其顶部荷载相当于提灯的重量。因此，雷恩可能是独立地发现了稳固拱的正确形状。

拉伊尔

菲利普·德·拉伊尔在他的《力学论》（Traite de Mecanique）（巴黎，1695 年）中考查了（Proposition CXXIII）如何确定一根绳索（自重可忽略不计）每一部分应施加多大重量，以致当各部分共同作用而使绳索绷紧时，绳索可呈任意所需的曲线形状这个一般问题。解是：将曲线 AORS 分成诸部分 AQ、QR、RS……，在各分点上作切线 AB、BD、DE……。施加通过各切线交点 B、D、E 作用的荷载。A 点处的切线 AH 是水平的，沿 AH 截取 AF，使之依某个标尺表示通过 B 点起作用的荷载 M。作 AC 垂直于 AH，作 FC 垂直于 BD 并与 AC 相交于 C。自 C 点作 DRE、ES 等等的垂线，与 AH 相交于 L、P……。于是，AFC、FLC、LPC 等等即是今天所称的 B、D、E 等各点各自的力三角形；

ABDE 为环节多角形；AFLP 为力多角形 CAFLP 的荷载线，C 为其极点。拉伊尔 (Proposition CXXV) 运用这种作图法来求为使甚至在相邻石块之间没有摩擦的情况下拱仍保持平衡，每块 voussoir (拱石) 应施加多大的荷载。他认识到，由于摩擦的存在，在实践中不能原封不动地照搬这个理论。后来对拱问题的处理都是在拉伊尔的基础上发展起来的。

图 242—拉伊尔对拱问题的处理

3. 弹性：(484) 配第

威廉·配第爵士在一次对皇家学会的演讲中 (1674 年)，强调了结构的比例尺度作为一个决定其强度之因素的重要性。这篇演讲以“倍比例在各种重要特殊情形中的应用，以及一种关于弹性运动的新假说”为题发表。忽视这个因素乃是造成“机械模型”按实际尺寸制造后即行破损的原因。伽利略曾详细研究过这个效应，但是配第没有提到他。

图 243—威廉·配第

在他的著作的附录中，配第试图解释弹性物体形状的恢复和振动。他设想，原子象磁体一样趋向于排列成各轴成一直线的链条，但这为原子中心要聚到一起的倾向所抗衡。他用性的类比来解释这种情况，设想原子也有阴阳之分。这两种倾向通过“相互勾结”而相互平衡，以致达致现在的静止状态。

胡克

胡克在他的卡特勒讲义《势的恢复》(De potentia restitutiva) (1678 年) 中解开了上面提到的第二个字谜 (第 482 页): Ut tensio sic vis, “任何弹簧的弹力都与其张力成相同比例”。他宣称他在十八年前便发现了这条定律。胡克定律现在常被表述为“应力与应变成正比”。胡克用四种弹性物体的行为来说明他的定律:

(1) 一个轴垂直的金属丝螺旋，上端固定，下端荷载秤盘和砝码。随着增加荷载，此螺旋成正比地伸长。

(2) 把一根钟表发条上紧成垂直的螺线，里端固定，外端附着在一个与此发条同轴的轻巧的齿轮的轴上，后者盘绕有一根丝线，丝线的松端悬吊一个很轻的秤盘。秤盘中加载多大的砝码，这齿轮即转过多大的角度。

(3) 在一根悬吊的长长的线 (胡克建议长度为 20、30 和 40 英尺) 的下端装上一个秤盘。每在秤盘中加载一定的砝码，这线就会伸长相应长度，这可以用罗盘测量从地面到秤盘的距离来获知。

(4) 给干燥木质的伸臂的自由端加上荷载，可以用来证明，挠曲变形也遵循这条定律。

(485) 胡克早在《显微术》中就已经指出，这条定律同样适用于压缩空气，他现在则想把这条定律推广成为弹性物体的一条自然规律，它能有多种用途，例如制造钟表发条。他关于这个问题的第三个字谜 ut pondus sic tensio 即荷载等于伸张乃是他的“哲学秤”——用弹簧伸长来度量重量的弹簧秤——的基础原理，他曾徒然地想用这种弹簧秤来检测重力随高度的变

化。

起初胡克把弹性解释为是由于弹性物体中包含空气所致 (Birch: History of the Royal Society, II, P.316), 但当他在使用帕潘的抽气机时, 发现容器中空气抽掉后并不影响里面悬挂的加载弹簧的弹性, 这证明他原来的想法是不对的。他后来诉诸一种精微的但无所不在的媒质的作用, 它使得构成弹性物体的微粒的振动的平均位置彼此保持固定距离, 反抗将它们的距离拉得更大, 也反抗把它们压缩得更紧密。在胡克所画的一根挠曲梁的示意图中 (Gunter, VIII, p.347), 沿梁的截面一半的地方有一个“中性层”, 把伸长的部分和压缩的部分分离开来。

牛顿

牛顿在《光学》中的第三十一个疑问中研讨了内聚性和弹性。他假设, 这些现象以及化学吸引和光微粒的折射现象都必定与组成物体的终极微粒的性质有关, 很可能是邻近微粒相互吸引这个性质。至于弹性和光的发射所需的排斥力, 他假设它伴随离微粒一定距离的吸引力而产生, 恰如数学函数的符号对于自变量的一定值可以由正变负。

(参见 J. Gwilt, Encyclopaedia of Architecture, 1842, etc; R.T. Gunter, Early Science in Oxford Vol. VIII, Oxford, 1930; W. Petty, Concerning the Use of Duplicate Proportion, 1674; I. Todhunter and K. Pearson, History of Elasticity and Strength of Materials, Vol. I. Cambridge, 1886.)

五、矿业和冶金阿格里科拉

矿业和有关的冶金工序属于世界上最古老的工业。远在近代之前很久它们就得到了充分的发展，而十六世纪和十七世纪对于它们的进一步发展贡献甚微。不过，当时并不实际从事采矿作业的那些人很少了解各种采矿和冶金方法。这部分地是因为当时的行业保密，部分地是因为富有实际经验的人没有文字能力或文字爱好。到十六世纪才有人开始认真考虑全面而又准确地描述矿业的各个方面。大约 1500 年后逐渐出现了一些这方面的比较简短的论著。其中最早的是作者不详的《实用矿业小论》(Ein NutziichBergbuchlein)，接着(约 1510 年)较有价值的是《试金小论》(Probie- rbuchlein)，作者也不详。1540 年，意大利锡耶纳的瓦诺塞奥·比林格塞奥发表了一部更为重要的著作《论高热技术》(De la Piro-technia)，这是第一部真正系统的——严格他说是实用的——关于矿业和冶金的书。不过，这个时期中最重要的矿业专著、也是后来两个世纪里这个学科的权威著作，是阿格里科拉的《论天然金属》(De Re Metallica)(1556 年)，我们已在前面几章中提到过这位作者。阿格里科拉在 1530 年曾发表过一本较简短的关于矿业的书(Bermannus)，但他后来的那部著作包括了它以及所有其他前人的著作。

图 244—格奥尔吉乌斯·阿格里科拉

阿格里科拉虽说在某种意义上是他那个时代的产儿，但他非常重视实际，他相信观察而不喜欢抽象推理。虽然他的职业不是实际的采矿工程师而是医生，但他把矿业当作自己的正业，亲自去观察实际情形。他在《论天然金属》的《序言》中的自述很值得援引在这里：“我在这上面已花费了很多的心血和劳动，甚至破费了不少钱财。因为对于矿脉、工具、容器、流槽、机器和冶炼炉，我不光用语言描述了它们，而且雇用了画匠画出了它们的形状，以免单纯用文字陈述的东西既不能为我们当代人所理解，也给后人带来很(487)大困难……。我舍弃了那些我所没有亲眼见过的材料，或者那些不是从我认为可以信赖的人那里读到或听到的东西。那些我未见到，或者在读到或听到后未经过再三思考的东西，我都没有写进来。为了理解这条准则，一定要读完我的全部指示，不论我吩咐应该做什么，或者描述很寻常的东西，还是我指责今天在做的事情。”大量生动的图解是这部专著的突出特色之一。胡佛夫妇的英译本使得有英语阅读能力的阿格里科拉的学生特别幸运。这个译本保留了所有的插图，而且无论从哪方面说都忠实于伟大的原著(Georgius Agricola: De Re Metallica, H.C.Hoover and L.H.Hoover 译, London, 1912)。

这部著作共有十二篇，涉及矿业和相关的冶金工序的每个阶段。书中描述了数十种采矿作业，研讨了勘察、经营、地质、工程、熔炼以及试金等有关方面的问题，并包括对采矿事业中一些颇有争议的问题的审慎的评论。

图 245—“魔杖”

第一篇中对矿业作了一般的辩护，反对某些人批评矿业是一种寻找财富的卑鄙事业，并指出若要成功地经营矿业，必须具备哪些知识。第二篇描述了称职的矿业主应具有的性格和品质，讨论了矿物勘探、矿业所有权、矿业

公司以及股份等问题。他关于矿业股份以及“魔杖”的应用所表达的意见值得在这里重述：“在购买股份时，象在其他事情上一样，矿业主的冒险心应有所节制，以免财迷心窍而使所有钱财付诸东流。此外，一个精明的业主在购买股份之前应该先到那个矿上去，仔细地考察矿脉的性质，因为很重要的是要提防那些骗人的股份出售人让他上当”（英译本，p. 29）。阿格里科拉是最早揭穿“魔杖”的人之一——如果不是最早的一个的话。他的说明如下：“矿业主们对这种叉状树枝有很大的争论。一些人说它对发现矿脉极其有用，而另一些人则否认这一点。那些运用这种树枝的人有的先用刀子从棒树上砍下一根枝叉，因为他们认为这种灌木在寻找矿脉上比任何其他树木都更灵验，特别是生长在矿脉上方的榛树。有的人用不同的树枝来寻找不同(488)金属的矿脉：银矿脉用棒树枝；铜用相桤树枝；铅尤其是锡用油松；金用钢铁做成的杆。他们都用双手紧握住枝条的两叉，手指必须朝向天空，以便两叉相交的那一端可以抬高（见图 245，亦见边码第 511 页图 265，这是我们所知道的用‘魔杖’探矿的最早图画）。然后他们随意地在山地各处漫步。据说，一旦他们的脚踏上了矿脉，这树枝立即就会转动和扭曲，于是这一动作就揭示了矿脉的所在。当他迈动脚步离开那个地点，树枝便又不动”（同上，pp.38f.）。阿格里科拉把“魔杖”同巫术相比，驳斥了上述说法。他说：“我们认为矿业主应该是良知而又严肃的人，因此他不利用带魔法的树枝。如果他是一个审慎的人，并善于(489)认识现象的本质，那他就会懂得分叉的树枝对他毫无用处。因为正如我前面所说过的一样，矿脉有一些自然的迹象，他自己就可以观察到，而无需借助树枝”（同上，p.41）。所谓表示存在着金属矿脉的(490)“自然迹象”，阿格里科拉指的是带有泡沫的泉水；露头即由于水的冲刷而露出地表的矿石；与邻近地带比较，某处的草本植物上没有白霜；某处的树，“叶子在春天时呈兰色或铅的颜色，尤其是上部枝条呈黑色或别的什么不自然的颜色，树干裂成两半，树枝呈黑色或变了颜色”（同上，P.38）。他认为这些现象都是自然的迹象，因为它们是从矿脉散发出的高热而又极为干燥的物质所造成的。值得指出，在阿格里科拉驳斥“魔杖”一个世纪以后，罗伯特·玻义耳仍然相信它，而且今天仍有不少人还相信它。

图 246—竖井

A, 尚未到达隧道；B, 已到达隧道；C, 附近尚无隧道

(491)第三篇论述岩石中不同种类的脉、细脉和缝，以及利用罗盘（或“风玫瑰”）来测定它们的走向。第四篇研讨矿山管理和矿山管理人员的职责。第五篇阐释了地下开采的原理、勘探技术和矿石挖掘技术；并描述了在矿山中可以发现的各种矿石。这一篇描绘了各种竖井、各种测垂水准仪以及其他测量仪器；另外还包括关于地层的说明，这已在前面第十六章中引述过。图 246—249 复制了其中的一些插图。

图 247—竖井的结构

A, 长横梁；B, 隔板；C, 柱子；D, 端板

第六篇描述了采矿作业应用的各种工具、器械、容器和机器——锤、楔、镐、锄、铲、篮筐、桶、手推车，载重货车、滑轮、齿轮、绞车、链斗提水机、带阀门的活塞式水泵、风箱，等等。其中有些我们将在下面介绍。当然，所有这些工具都早在阿格里科拉之前很久就已发明了。这一篇(492)最后说

明了“矿工常见的疾病和事故及其预防办法。”

图 248—直立的测垂水准仪

第七篇描述了对矿石进行试金的方法。“最好首先对矿石进行检验，以便更好地熔炼矿物，或者将渣滓清除掉，使金属更纯。”描述了试金炉、试金坩埚、坩埚、烤钵、铸模和试金天平，并附有插图，还详尽阐述了供试金石配用的各种试金针。这些试金方法大都最早是在上面提到的《试金小论》（1510年？）以及《论高热技术》（1540年）中提到的；但都不如《论天然金属》中讲得完备，这本书（493）中还有关于锡、铋、汞和铁的试金方法的最早说明。远在古代试金石就已被用来检验金属，特别是用来检验贵金属，不过十六世纪之前一直没有关于其应用的详确叙述。试金石是一种黑色或深绿色的石块。当用一种金属在这种石块上摩划时，就会留下有色的痕迹，它因金属的性质而异。将这种痕迹与已知其成分的金属针在试金石上留下的痕迹相比较，就可以大致确定被试金的金属或矿石的特性。（494）阿格里科拉列举了大量这样的标准试金针，并给出了精心编制的表，示出这些试金针摩划试金石时所产生的效果。图 250 示出二十四根这种试金针，前十一根用来测定银棒的含金量，其余十三根用来测定金棒的含银量。它们也可用来测定硬币中金或银的成色。其他试金针可用来对含铜等等其他金属的合金试金。

图 249—瑞士罗盘

A，指针；B，舌针；舌针上的孔

图 250—试金针

第八篇描述熔炼矿石前的准备过程——分选、破碎、研磨、筛分、清洗和焙烧。还论述了用水银来回收金的方法。但没有提及利用汞合金作用回收银的方法，而这个方法在前面提到的比林格塞奥的《论高热技术》中已经研讨过。有几幅插图画的是捣矿机，它们是大约在 1500 年由一个姓氏不详的人发明的，这种机器用来取代磨石研磨的方法。图 251 复制了一幅示出由水车驱动的捣矿机的图。图 252 示出焙烧含硫或沥青的金属矿石的方法。

图 251—水车驱动的捣矿机

第九篇研讨各种（495）熔炼矿石的方法。描述了所应用的各种炉子、各种风箱和其他设备，以及一切必需的工序。所研讨的金属包括金、银、铜、铁、铅、锡、锑、汞和铋。阿格里科拉是最早描述铋矿石处理的人：甚至也是他最早描述了这种金属本身，见于他先前的一本书《铋》（Bermannus）（1530年）。第九篇中研讨的作业大都产生于早期，但有些是十六世纪才引入的。后者包括熔炼铜矿石前焙烧它们的方法以及从矿石还原铋和锌的方法。图 252—256 示出几种炉子。十六世纪的高炉通常都是截顶的锥体，直径约 24 英（496）尺，高约 30 英尺。它们一般用水车驱动的风箱来鼓风。1523 年英（497）国建造了一个炼钢炉。然而，在十九世纪之前，钢一直是很昂贵（498）的，生产很困难，其用途局限于工具、武器和易磨损的机器零件。

在第十篇中，阿格里科拉解释了“怎样把贵金属从贱金属里分离出来，以及反过来贱金属如何从贵金属中分离出来。”他还写道：“通常总可以从一种矿石中熔炼出两种金属，偶而还可熔炼出更多种，因为在自然界中通常总

有一定量的金包含在银或铜中，一定量的银包含在金、铜、铅和铁中；同样，也有一定量的铜包含在金、银、铅和铁中，一定量的铅包含在银中，一定量的铁包含在铜中。”还研讨了精炼金银的方法。这一篇在一定程度上不可避免地重复了(499)第七篇已讲过的关于试金的内容。在第八、九篇中描述的试剂和作业今天仍大都用来对金、银、铅、铜、锡，钎、汞和铁进行无水分析；它们甚至阐明了现在仍然在应用的一些试金方法，如粒化法、复份试金法、铅检验法、啤酒湿润骨灰法，等等。阿格里科拉详尽研讨了他所称的 aqua valens [“强水”]，可用来分离金和银。他这是指无机酸或无机酸的混合物，以前称为 aqua fortis (硝酸) 和 aquaregia (硝酸和盐酸的混合物)。他制备 aqua valens 的方法大都是蒸馏矾与盐或硝石，或矾与两者同时蒸馏。他的配方似乎主要取自《试金小论》。他有过实际经验的唯一一种 aqua valens 是 aquafortis。他所详述的那些分离方法，即利用 aqua fortis, 利用与盐、硫或硫化锑的粘结，在他之前大都已有人描述过。但他是第一个阐释与硝石粘结这种方法的人。(500)

图 252—含沥青或硫的金属矿石的熔炼炉

第十一篇讲述“必定可把银从铜或铁中分离出来的一些方法”。然而，它大部分是介绍将银从铜中分离出来的“熔析”方法。这是十六世纪才出现的新方法，阿格里科拉似乎是第一位记述这方法的人。熔析法的特征如下所述。把一种含铅多的铜铅合金置于一种还原空气（防止氧化）中加热到铅的熔点之上，但不到铜的熔点，于是铅就“熔析”，即熔化。但是，由于它还带有一定量银，所以在银最后分离出来之前，还要进行一些其他处理。图 256 所示即为熔析炉。

图 253—铅矿石熔炼炉

A, 卡尼型炉；F, 铸模；H, 铅块；K, 撒克逊型炉；I, L, 开口；N, T, 坩埚；O, 浸锅；P, 燃烧木炭的韦斯特法尔熔炼法；V, 波兰型炉

《论天然金属》的最后一篇研讨“固化液汁”即可溶性盐及其来源和制备方法。描述了制造盐、苏打、明矾、硫酸盐、硫、沥青乃至玻璃的方法。对于一部关于矿业和冶金的专著来说，收入这些东西也许不太恰当，但阿格里科拉觉得这样做很有必要。然而，至少就现在来论述十六和十七世纪的玻璃制造技术而言，仿效阿格里科拉是很称便的。

图 254—用圆形风箱的卢西坦型炼锡炉

图 255—铋或铁矿石的熔炼炉

E, 坩埚；F, 管道；G, 浸锅

玻璃制造

玻璃制造技术是可追溯到史前时代的最古老的技术之一。十六和十七世纪里似乎没有增加多少新东西。但有些在此之前业已失传了的古代发现在这期间又重新被独立地发现了，而且最为重要的是，其间写出了关于这种技术的第一批重要论著。阿格里科拉在一定程度上研讨(501)过这个问题，并提

供了玻璃制造者所应用的三室炉的图（见图 257）。但第一部专门论述玻璃制造的著作于 1612 年才在佛罗伦萨出版。

图 256—熔析炉

书名为《论玻璃技术》(DeArte Vetraria)，作者是安东尼奥·尼里，他是佛罗伦萨的一位教士，在他周游意大利（意大利的佛罗伦萨和威尼斯拥有许多著名的玻璃制造厂）和低地国家（那里安特卫普是重要的玻璃制造中心）时收集了大量有关玻璃制造方面的资料。尼里自己也做出过一些发现。他的著作曾由克里斯托弗·赫默特译成英文（The Art of Glass, 1662）。译者在他的译本中加进了不少内容，还增添了许多木刻插图。另一本关于玻璃制造方面的重要著作《玻璃制造技术》(The Art of Glassmaking) 于 1679 年出版。它是作者约翰·孔克尔用德文写成的，书中也利用了尼里的著作。孔克尔的书中有大量的插图，其中最令人感兴趣的是吹玻璃工用的由脚踏风箱供风的吹玻璃灯（见图 258），(502) 读者可以把这幅图与更早的吹玻璃法（图 259）加以比较。后来所有这些著作出版了全一卷的法文译本，并附有 M.D 的评论。这本书的书名为《玻璃技术》(L' Artde la Verrerie (Paris, 1752), M. D 就是霍尔巴赫男爵。

图 257—三室玻璃熔炉

十六和十七世纪重新发现的技术都是有关制造彩色玻璃和人造宝石的。它们均由一些化学家各自独立发现，而且他们大都把自己的发现看作为重要的秘密。

就现在所知，其中第一项发现大概是 1540 年作出的，这就是德国诺伊德克的克里斯托弗·许雷尔发现的制造钴兰色玻璃的方法。显然，他的办法是将玻璃同提炼铋剩下的矿渣相熔融（参见 Ernst von Mever's History of Chemistry, ed. 1906, p. 95）。

图 258—脚踏风箱供风的吹玻璃灯

其他的发现都是关于红色或红宝石玻璃以及人造红宝石的制造方法。十六世纪末，安德烈亚斯·利巴维乌斯发现，把金和铁（？）同制造玻璃的材料相混和可制造出红宝石色的玻璃(Alchemia, 1597, Lib. II, (503) Tr. I, C, 34)。接着，约翰·鲁道夫·格劳贝尔在一次幸运的机遇中作出了类似的发现。他当时在熔化金灰，加入含盐助熔剂帮助熔化。当他把坩埚从炉中取出时，发现里面有非常美丽的红色玻璃。他断定这颜色是金造成的，因为他添进去的含盐助熔剂是白色的。于是他发明了一种制造有色玻璃的更为简便的方法，即用“燧石液”（一种硅酸钾溶液，制备方法是把水作用于砂状或粉末状燧石和过量的碳酸钾的熔融混合物）使金从它的水王溶液(aqua regia)中沉淀，并将这沉淀物熔化。他指出，在用任何别种金属制造有色玻璃或人造宝石时，也可应用这种方法(Philosophical Furnaces, 1651, Part II, Chs. 182, 183)。尼里在 1612 年也提出(同上)，溶解于 aquaregia 的金可用来给玻璃着色。他还叙述过一种制造铅玻璃的方(504)法。

图 259—老式吹玻璃方法

罗伯特·玻义耳在他的《物体多孔性的实验及思考》(Experiments and

Con-siderations about the Porosity of Bodies)(1684 年)中指出,彩色玻璃的着色剂有时可贯穿整个玻璃,有时仅影响表面。事实上,玻璃常常蒙有矿物颜料,这种玻璃再(505)沾上石灰或别的适当粉末,并置于低于其熔点的火中,结果它就会染上颜色。1666 年伦敦大火烧毁圣保罗大教堂时,玻义耳检查了一些染上了色的窗玻璃碎片,发现这颜色仅在表面上。他考虑了把玻璃完全染红的可能性。一天,他在蒸馏金汞合金,发现玻璃容器部分地变成了金色;他继续蒸馏直到这玻璃容器爆裂,这时他发现玻璃完全红透了,事实上它具有“那么美丽而又灿烂的红色,甚至我感到好几种红宝石也相形见绌”(Works, ed.1772, Vol. IV, p.793)。似乎孔克尔大约在同一时候也独立作出了同样的发现。

六、机械工程

由于机械工程同矿业有着非常密切的关系,所以它在近代初期得到了很大发展。工程技术的这两个分支确实堪称两个先锋,为工业时代的世界奠定了基础。随着采矿活动越趋兴旺,越来越需要更好的运输和排水机械,这样也就刺激了机械器具的发明。而一旦发明机械的积极性高涨起来,就势必导致发明其他与矿业无关的机械。

阿格里科拉所描述的机器大都是用人力或畜力驱动的。由于对金属矿石的要求不断增加,因此就必需发展深井开采。为了适应这种新的形势,就要求有新的设备。人们不得不去发明节省劳力的方法,采取种种特别措施以克服深井开采的特殊困难,这就是运输、排除亚土层水以及通风等的有效手段。露天矿矿工不需装备通风设施,简单绞车和农村用的水泵就可满足他的需要。但当开采工作不得不在地下很深的地方进行时,情况就不这么简单了。

图 260—简单绞车

运输机械

阿格里科拉描述过五种运输机械。图 260 是一种简单绞车。图 261 的绞车与前者不同,它只有一个曲(506)柄,第二个人的位置代之以一个飞轮。似乎已经认为,飞轮的稳定作用能实际增加资用功。由于能量守恒是十九世纪的概念,所以当时决不可能有这样的认识,或者是根本不可思议的,尽管阿格里科拉比起同时代的其他学者在这方面犯的错误要少得多。

图 261—带飞轮的绞车

图 262—踏车驱动的绞车

阿格里科拉写道:“每个绞车工都必须体格强健,无论他操纵哪种绞车,否则就干不了那样繁重的工作。”随着人道主义的高涨,强壮劳动力的缺乏更形吃紧,最后迫使实业家们不得不用动力驱动的机械来取代几乎完全的繁重体力,但这种思想和十六世纪的时代格格不入。阿格里科拉描述的第三种机器能“减轻工人的疲劳,同时又能提升更重的载荷。”两个人(见图 262)握住一个水平的固定横杆,踩踏一个固定在一个竖立轴上的转台,这个轴在

上部装有一个水平大轮子，靠近其边缘处散布着一圈竖直的齿。这些齿与一个木鼓上的槽相啮(507)合，鼓轮装在一个水平轴的方形部分，这轴的另一部分是圆柱形的，它起绞车滚筒的作用，将邻近竖井中的吊桶提上放下，和前面(508)两种绞车一样。

图 263—带闸轮的马力绞盘

木轮造得象重型(509)矿车的轮盘，或者象几层圆盘组成，每层交替地与上下层横切，轮缘或其附近榫入硬木齿，以便齿磨损后可以更换。这是十六世纪机械的一个特征，而且在农业机械中一直沿用到十九世纪。

铁被用来做轴颈，轴颈在铁制的轴座或轴台上转动。铁也用来箍鼓形小齿轮的边缘，但那时候很少用铁来做齿轮或者轴。

第四种机器是一种马力绞盘；其构件都安装成大木块。例如，其竖直轴长为 40 英尺，截面为 $1\frac{1}{2}$ 英尺²，顶端装有一根铁梢，在位于十六根倾斜木条交会处的一个铁轴颈中旋转，直径五十英尺的圆形马行道上有一个屋顶。这轴的最下部有一个支枢，它在一个固定于底梁的钢制轴座中转动，底梁将载荷播散到牢固地埋设在地板下面的木格排垛上。

图 264—矿山地面运输

(510)第五种机器与第四种的不同处在于提升绞筒是靠齿轮传动来驱动的，而不是装设在竖直轴之上。图 263 还示出了由站在竖井底部的人操纵的闸轮。由于用的是铁吊链，所以采用可更换的绞盘头来保护轴。木件端部连接吊链的铁质防护条和铁质连接件与两个世纪之后瓦特蒸汽机安装在木连杆上的铁部件惊人地相似。

在叙述了运输机械之后，阿格里科拉接着说明了从山区矿井出车场向外运输矿石的方法。图 264 右部两轮小车后面的两根直木条看起来可能以为是铁路线，其实不然。这是两根缚在小车后面的木杆，借助它们在木排路面上的拖行来控制小车的运动。阿格里科拉从来没有描述过甚至根本没有提(511)到过轨道的存在。不过，在当时甚或更早的时候，德国的矿山上就已在应用木轨道的路；而且在十七世纪初一些英国矿山也采用了。关于这种木轨道路已知最早的图画载于塞巴斯蒂安·明斯特尔的《普通宇宙结构学》(Cosmographia Universalis)(1550 年)(p.9)，图中还示出在上面跑的手推车，现复制于图 265。(512)

图 265—十六世纪的轨道

水泵

阿格里科拉描述过多种水泵。第一种(图 266)尤其令人感兴趣。这是一种单人操作的全金属齿轮传动机构，显然取自习见的时钟机构。机架、齿轮、小齿轮和轴都用铁制；轴颈和轴台用钢制。每对齿轮都产生六比一的减速。值得注意的是，带动沉重链条的轴端安放在一个纯钢的辊子上。链以及每次可盛三品脱的勺斗的细节都很值得仔细观察。从细节看，这机器确是一件精心构思的机械工程制品；但从原理来看，却存在着致命的弊病。为了

使得它能为一个人的力量所操纵，就要求机器必需具有很高的机械效益。这在任何机器上都只能靠增加速比来获得。正如阿格里科拉所说，“若不付出很大的代价，就不可能造出这样的机器，这样它就只能以较慢的速度盛一点水，正如其他一切带有许多滚筒的机器一样。”

图 266—勺斗链

接下来两种机器都是直接驱动的，一种的提升轴带动一个由两个人踩踏的踏车；另一种则带有一个水车。

从阿格里科拉对吸入泵的描述可以看出，在古罗马实践基础之上，这种装置如果说取得了什么进步的话，那也是微乎其微的。插图 267 表明了这种水泵的构造和最简单的应用。硬木树干（一般是榆木）上钻一直径五六英寸、长十二英尺的孔道。其一端呈锥状作为塞栓即阳端，另一端削成相应的阴端。这样的管状木头一根根首尾相接，联接处用铁件夹紧，就形成了泵筒或总水管。当用作泵筒时，最低一节管木安放在一根树干上，其侧面有一些进水孔和一个简单的瓣阀。活塞是一个皮袋，在下向冲程，它闭合，在上向冲程，它打开以让管中冲满水，活塞还有一个木圆盘，

图 267—简单的吸入泵

后者约 4 英寸厚，与孔松散地配合，或是一厚约 3/4 英寸的金属圆盘。圆盘上穿有孔，上面用(513)皮瓣覆盖，用螺钉或键固定在活塞杆上。如插图所示，传动可采用直接提升的方式，图中“那个工人在使劲地干着，他站在地板上，把活塞往下推进管木，然后再拉出来。”活塞杆可通过一根摇动杆来操纵。还示出了一些更为复(514)杂的型式，其中活塞杆接续一根带挺杆的方木。一个其连杆呈方形榫入一个转动轴的凸轮提升这挺杆，于是活塞杆的重量便(515)强迫活塞在释放时又落下去。这些取自捣矿机捶组的装置都画了出来，图中有三台或更多台这样的水泵并联工作，由同一个轴上的凸轮操纵，用人力或水车驱动。然而，若挺杆突然接合，则机器就必定不能有效地工作，因而经常需要进行修理。图 268 是更为改进的深井泵抽机器，图中许多吸入泵串联地工作。阿格里科拉说：“这发明于十年之前，是一种最精巧、耐久而又实用的机械，〔并且〕造价也不高。”它由一直径 15 英尺的水轮通过一摆幅 2 英尺的曲柄驱动。从图中可以看出，没有采(516)取有效的措施来保持活塞的平行运动，而且连接爪联杆的许多销的磨损肯定是很可观的。不过，这装置看来已达到了其应用目的，伦敦科学博物馆现在陈列着一具按照阿格里科拉的说明制作的小型活动模型。

图 268—串联的吸入泵

很清楚，所以用串联吸入泵来取代单一的压力泵，其目的是为了避免照管前述型式管道时因有相当大压力而发生的困难和危险。然而，看来已经尝试制造能抵住一定压头的泵，图 269 示出了所应用的这种装置。

两个吸入泵都把水放进一共用的曲柄箱，后者由实心的山毛榉木块挖空而成，五英尺长，二英尺半宽，一英尺半厚，在铁曲轴转动的平面上锯开，曲轴伸入其中的那个孔的里面和外面的铁和皮革的衬垫，形成一种简单的密封盖。“然后把曲柄箱的上半部放在下半部之上，使各边贴切地吻合，凡接合部位都用宽厚的铁板连接起来，并用宽的(517)小铁楔夹住，铁楔用夹板

扣紧固定。”最后他警告说，“木箱常会裂开，所以最好用铅、铜或黄铜制的箱子。”他以此作为这段叙述的结束语是可以理解的。没过几年，拉梅利用图说明了这种用金属曲柄箱的泵，并作了些别的并不很必要的改进。曲轴最早用于这种目的，似乎是在十五世纪初。(518)

图 269—曲柄操纵压力泵

现在我们可以论述阿格里科拉的最后一类泵唧装置。在深井工作的条件下，组成链的罐或斗就变得过于沉重，这时需保持运动的机械与要提起的水量很不相称。吸入泵受到一个天然的限制，后来发现这是大气压的缘故。压力泵需要有结实而不漏水的导管，而这种导管的生产超出了当时的技术水平。然而，古人曾找到了一种用球—链系统解决这一问题的方法。

图 270—链斗提水机和踏车

链条在一个竖直的管道中运行，链条上每隔六英尺有许多球，“它们用马尾毛做成，缝入一个套子里面，以防止被〔驱动〕鼓轮的铁夹拉出来。马尾毛(519)球的大小是每个人都能用一只手握住它。”阿格里科拉指出，一个直径 24 英尺的水轮能从 210 英尺深的井中提升水；直径 30 英尺的水轮能从 240 英尺深的井中提升水。在没有水力的地方，可以采用马力绞车，这就是前面所述的第五种拖运绞车。

阿格里科拉描述(p. 194)了设在克姆尼茨的三级球—链泵抽水系统。“这种三台机器的系统由九十六匹马拉动；它们沿一个螺旋形地缓缓向下盘旋的斜井行走走到这些机器旁边。最下面一台机器设在距离地面 660 英尺的深处。”八匹马一组，分班工作，每班四小时，休息十二小时。在离地面 48 英尺以内的深度，可由二或四人来操作曲柄和绞盘柄带动上部主轴鼓轮。对于 66 英尺的升程，用踏车和齿轮传动最为合适（见图 270）。然而，对于真正要求提水量很大的工作，则没有哪种办法比水袋直接提升方法效率更高。

图 271—强大的水力提升机

阿格里科拉所记(520)述的最后一种提升水的机器（图 271）大概是他那个时代力量最大的抽水装置了。带有两组可反转的勺斗的直径 36 英尺的一个木轮安装在 35 英尺长、2 英尺见方的单根大木构成的轴上。甚至需要更强大的泵唧装置，但是这样所要求的轴的尺寸肯定已达到能够找到或可以加工的整根木料的最大限度。四个直径 4 英尺的轴毂相互间隔 4 英尺，它们带有横木条，作为缠绕牵引链条的绞筒。这些木条当然需要经常更新。水轮的水闸由在动力蓄水池旁边一个可升高的箱子中的人来控制。另外还有一直径 6(521)英尺的闸轮。这样，当水闸操纵工“不能很迅速地关闭水闸，而水继续在流时，他就可以招呼同伴，叫后者提起闸轮上的闸，刹住水轮。”插图中悬在半空的一只勺斗实际上只是一个指示器，它与水仓中的一个浮标相联接，能够显示地下的水位。

图 272—风道上的旋转桶

通风

在描述了抽水机械之后，阿格里科拉接着叙述了用于维持地下新鲜空气供给的装置。通风装置可分为三类：风洞和通风罩，离心扇风机及风箱。

风洞可以是固定的或者可调节的。固定式风洞是用木板将一个方形竖井顶部上的空间分隔成四部分，这样肯定有一个部分会挡住地面的风，并将风沿竖井向下传递。或者，也可造一个竖直风(523)道，把它延伸到地面之上，或在它的背风侧的后面放一块板对风形成必要的阻碍，这样便可截住地面的风。可调式的风洞是在风道的上方装一个可绕框轴转动的桶，桶的一个侧面开有一个洞，在洞的对侧有一个叶轮伸出。从图 272 中可清楚地看到这种风洞的细部以及工作方式。

图 273—扇风机

风扇可以是圆柱形滚筒或者方盒，如图 273 所示。阿格里科拉说：“圆筒要比方盒优越得多；因为风成充满圆筒，几乎触及其边沿，把积聚的空气全都煽进风道。”如果当时懂得了风扇的离心作用，那就会把进风孔开在靠近轴的地方，而不会如图所示开在一边(C 处)。风扇的叶片是薄板，形状象白杨木瓦或羽毛。也可利用风本身来转动风扇，即在风扇轴上装上翼板，形成一个小风车，如所描述的最后一种通风装置是风箱。它由铰链接合的板和皮革的侧壁构成。图 275 所示的一种饶有趣味的风箱，是把常见的家用点火工具大大放大，用来给炉子吹风。类似的但通常没有这样大的风箱用来把空气泵进矿井，或将里面的空气排出来；它们还可用来作泵抽水(图 276)。

图 274——风车驱动的扇风机

图 275—巨型风箱

供水系统

每个重要城镇都需要充足的供水，所以供水工作的经验总是需要的。德国城市在这方面处于领先地位。奥格斯堡、不来梅和其他几个城市的供水工程使来自其他国家的旅行者们钦羨不已，(525)但那些旅行者和设计师们都只是惊讶地提到而没有留下什么技术性的说明。

尤班克说：“奥格斯堡的水力引擎一度是非常出名的。”米森(Travels, 5th ed., Vol. I, p. 137)和十七世纪其他旅行家们都曾提到过这些机械，但没有详细描述。这些机器可将水提升 130 英尺。布莱因维尔在 1705 年曾作为这个城市的奇物提到过这些机械(Travels, Vol. I, p. 250)。他写道：“给该城市供水的塔也很稀奇。这些塔位于一个叫做红港的城门附近，在流经该市的莱克河的一条支流沿岸。河水激流推动的机器日夜不停地运转着，带动了许多水泵，它们通过很大的铅管道把水提升到这些塔的最高层。……其中一个塔通过较小的管道把水送到各个公共水池，其它三个塔把水供给城市中的千家万户。”

从布莱因维尔的话可以看出，那里应用的是活塞泵。贝克曾引述(Beitrag, p. 179)保罗·冯·斯特腾的话(Kunst, Gewerbe und Handwerks-geschichte der Reichsstadt Augsburg, Augsburg, 1779)，大意是说，奥格斯堡城的第一个公共供水计划是由利奥波德·卡格制订的，他试图用七条水道给全市

分配给水，但是没有成功。四年之后，来自乌尔姆的技师汉斯·费尔贝尔开始在红港工作。开掘了运河来增加水源，又先后建起了几个水塔。我们认为，及至 1558 年，公共及民用的充裕的供水设施便均已建成。

图 276—用风箱提升水

图 277—奥格斯堡提水机

(526) 吉罗姆·卡当在他的《论精巧》(De Subtilitate)(1550 年)(Lib. I) 中记述了奥格斯堡使用的一种机器。不过，这事属偶然，看来大约在那一年他曾路过该地。在这部著作中，卡当以“奥格斯堡机器”为例叙述了如何利用阿基米德螺旋来提升水。一个竖轴〔图 277 中的 AB，该图采自 Th. 贝克的《机器制造史》(Beitrage zur Geschichte des Maschinenbaues) 第 180 页〕由提供动力的水轮轴上的一个金属正齿轮驱动；竖轴上还带有一些小齿轮，其数目同螺旋 C、D、E 等等的数目相同，它们依次将水从一系列水平水槽的每一个提升到更高一个水槽。通过旋转螺旋和固定水槽的交替提升，最后水便升流到达塔的顶端，再从那里供水。卡当所说的这种机器中的螺旋也许就是布莱因维尔所提到的“很大的铅管道”；这种螺旋机器也可能只是这城市中所应用的几种不同类型机器中的一种。然而，我们从别的资料得知，管道耐受高压的问题成为一个严重的实际困难。

托莱多的供水系统具有异乎寻常的重要意义。这个城市的建立和设防部在远古时代，是西班牙的古都。象大多数古代高耸的城市一样，它也建在有七座峰的群山之上，三面有塔古斯河环抱。古罗马人从周围高地引水，水由于重力而从那里流入这座城市，途中通过长长的输水桥，越过塔古斯河时设有一系列桥拱。在摩尔人统治时期，这城市的人口增加到二十万，它的规模和重要性仅次于科尔多瓦而名列第二。十六世纪时，虽然输水桥毁坏了，人们不得(527)不用牲畜从峡谷驮水，但这城市仍然是京城。

1526 年，托莱多的阿尔卡萨宫(七世纪的一个哥特国王所建)正在进行现代化的扩建，考虑建设一个更好更完善的供水系统。当时德国的供水系统已经很出名，于是国王的管事官找来了一位能干的德国工程师，让他解决从 2,000 英尺远、250 英尺深的地方引水的问题。就我们所知，除了用若干按续的罐链或球一链式水泵外，在那之前还没有人能用什么方法解决这样的问题。但这两种方案都不适合于漫长而又倾斜的导水路线，即使著名的奥格斯堡机器也只把水提升到这个高度的一半。象现在一样，当时对这个问题也只有一种可行的解决办法，即在河边装上一个水车来驱动压力泵；并用管线输送到宫里。不过，这些管道必须能耐受得住大约八个大气压的压力，这在当时可能是前所未遇的。康塞普提昂·弗朗西斯卡修道院的编年史作者写道：“这个设备用巨大的活塞带动，水受到非常猛烈的锤击，惊人的力量把水驱入金属管道，以致所有的干道都破裂了。当时没有强度足够的材料可供铸造这样的管道。”于是，“这个设备夭折了。”

看来德国工程师所采用的是带有长长实心柱塞的水泵，而没有用克特西布斯所说的的气包，这种简化方式是很流行的；这在提升高度较低的情况下，还不会产生什么严重问题。但是对于一个长达半英里的水柱，省略气包后，其惯性很可能引起危险的锤击现象。然而，即便如此，管道立即破裂这个情况说明，当时并不理解这压力强度，或者大大低估了它。当时已能用铸造的

黄铜或青铜管来抵住这样的压强，但造价过于昂贵。虽然当时德国和法国都已用铸铁制造炮弹、壁炉和炉板，但铸铁质地很差，可能没有人试验过用它来做管道。铅管道早就在应用了，这种铅管用铸铅片缝焊而成，在安装时将对接处焊接起来。不过，如果线路上的大管膛干道是维特鲁维乌斯铺设的，那我们不必再继续寻找破裂的原因。因为按照他的法则，管道单位长度的重量应与膛径成正比，这导致对一切直径都取约三分之一英寸的厚度（见 Gwilt's Translation of (528) Vitruvius, 1828, p.253）。至于阿格里科拉所说的木管道，显然与这里无关。

德国工程师建设的系统失败看来导致取消阿尔卡萨宫供水计划。直到若干年后，有一位灵巧的钟表匠胡阿内洛·土里阿诺（1500—85）用一种独特的方法解决了这个问题。查理五世皇帝曾因胡阿内洛成功地修复了波洛尼亚的一台异常复杂的时钟而授予他“皇家数学家”的称号，那座时钟曾难住了他所有的同行们。其后他又制造了几台时钟，其中有个机构能按照托勒密体系显示所有行星的位置。这些东西博得他的皇家主子的欢心，后者曾在他的工作室里一连逗留了好几个小时，玩赏那些能活动和跳舞的钟表小人，以及其他灵巧的玩具。查理五世于 1558 年去世，但胡阿内洛仍为腓力二世留用。腓力二世命令他解决供水问题，从 1564 年起把在阿尔坎塔拉桥下的工场支付给他。胡阿内洛多年来一直急他的皇家恩主查理所急，对这个问题极感兴趣。于是，他在实际动工之前先给这个系统搞了一个缩小的活动模型。

(529) 图 278—用摇动槽提升水

现在仍然保存有据认为是胡阿内洛的许多笔记和图纸，但遗憾的是里面没有一处提及他的这种机器。现存唯一对这机器的描述是令人费解的，见于编年史作者阿姆布罗西奥·莫腊累斯的《西班牙城市的历史》(Antigüedades de la ciudades de Espana) (第 337 页)。莫腊累斯曾见过这个模型，他说这是最伟大、最奇妙的发明。首先，用链条和金属勺斗把水从河里提升上来。当时曾把用链条和金属勺斗替代麻绳和陶器看作胡阿内洛的一个独创来褒奖，这是错误的，因为我们从阿格里科拉更早的叙述中就已得知了。在这第一步提升之后，有一个由若干梁交叉构成的机械，而这些梁在中部和两端拴在一起，它“就象罗伯图斯·瓦尔托留斯用来把人送到高空的机械一样，平稳地将运动传向阿尔卡萨宫。”这套木架结构连着一些两端带有黄铜杯、长约一米半的宽阔黄铜管，这些杯放在支枢上，能随着梁架的运动而作上下摇动。这些容器征后倾时都从后面相似容器接盛水，而在向前倾时，则将这水传递给前面容器。“瓦尔托留斯梯”是一种惰钳或者“尼恩贝格剪”装置，它在横向受压缩时，便在纵向扩张。然而，若各交叉接点位置固定，则就会产生如莫腊累斯所描述的倾斜运动（见图 278）。埃斯科絮拉得出结论说，水道的型式只能是拉梅利所描绘的那种（见 Beck's Beitrage, pp.365ff., 以及图 279）。

图 279—胡阿内洛的提水机（两个位置）

(531) 拉梅利所说明的是一种舀水轮，而不是罐链；他还述及他的“碰撞”回动装置，以刚强的连杆来传递往复运动。因此，他的图所描绘的可能是胡阿内洛工作的改进形式。拉梅利和胡阿内洛都来自列奥那多·达·芬奇的影响和传统仍然很强的地区，他们两人也许汲取了这位伟人提出的一个想

法,或者是这位伟人众多同人中某一位的一个想法,两人又各自发展了它(见边码第 539 页)。

在建造这台机器时,除了支持它的砖石墙而外,还耗费了二百矿车木料和五百英担黄铜。由于轨道不是直的,所以必需安装许多特制的转向部件,这样,至少有四百根摇摆管道保持同时运动。

胡阿内洛的机器大约从 1573 年开始投入工作;不过,以我们现在的目光来看,它只是独创性的一项成就,而从经济方面来考虑,就算不上什么成功。它提升的水量很小,而常需进行的维修却是昂贵的。只有朝廷的压力才能迫使公众付出如此高昂的代价来获得这种设施提供的水,尽管他们为占有这独一无二的奇物而感到自豪。

胡阿内洛 1565 年的最初协约中,不仅计划给阿尔卡萨宫本身供水,而且还计划每天也给这座城市一定量的水,但他拖延了这后一计划的实施。此项协约未能履行,于是在 1575 年,胡阿内洛同意由国王和市政联合投资建设第二台机器。第二台机器于 1581 年建成。但这时第一台机器已景况很不妙。胡阿内洛大约于 1585 年去世。这两项工程似乎维持了多年,直到后来国王于 1598 年采纳了由胡昂·费尔南德斯·德·卡斯提洛提出的一项改建旧机器的计划。这项计划是否真正实施过,现在不得而知。但一定在 1639 年前的某个时候,整个供水计划被全部放弃。托莱多的居民们重又回复到用他们祖辈历来依靠的驴子来驮水。

以上所引的例子足以说明,人们沿着想入非非的思路尝试建造实用设施,并非一点没有成功。然而,随着从大型工程取得了经验,总的趋势是研制比较简单的设施,消除已经暴露出来的缺陷和弱点,最后把重型水泵的设计集中于维特鲁维乌斯的《克特西布斯机器》(The Machine of Ctesibus)(见 Gwilt's Vitruvius, 1828, P. 317)中所描述的那种古代型式,不过在材料和工具方面都已有所改进。(532)青铜泵缸或者如在西尔彻斯特所发现的那样(见图 280),用镶衬铅的木材构成的泵缸,两个配成一对,通过阀门与上部积有一定量空气的空气包相联接。活塞或者塞柱“活动极其平滑”,用油润滑。维特鲁维乌斯清楚地认识到,里面积存的空气的作用是迫使水上升到排水管道。他曾提到,这种泵的用途是给公众供水,所以它必定是相当大的,但现存的几个样品都很小。在不列颠博物馆可以看到两台小型青铜泵,一个上面装有瓣阀,另一个上面装有转动提升阀。这种类型机器后来一直没有绝迹,而且在有了高强度铸件和较好的机械加工方法之后,它最终成为各种大型机器的标准型。

图 280—在西尔彻斯特发现的古罗马水泵的复原图

德国早期的供水系统可能也广泛采用这样的机器,但除了我们上面在讲到奥格斯堡的与此迥然不同的机器时所提到的文献而外,详细情况尚不得而知。然而,毫无疑问,在伦敦、巴黎以及其他地方所用的活塞泵肯定都是德国工程师们引进去的。十六世纪以前,这些城市都是从井或者用管道从泉获得水的。1582 年,一个名叫彼得·莫里斯的德国工程师首先试图在伦敦建造动力驱动的水泵。按照威廉·梅特兰的记述(The History of London from its Foundation by the Romans to the Present Time, London, 1739, p. 160),莫里斯“向伦敦市长和参议员建议,在泰晤士河装设一台提水机器,来改善

矿车(wagon),重量单位,等于 24 英担。1 英担=1/20 吨。——者

伦敦的供水；获准后，他便在这河近伦敦桥的地方(534)装设了这种机器，它利用水泵和阀门（与现在伦敦桥拱的那些机器的工作方式一样）将水抽吸和压送到城里地势最高地区中那些最高建筑物的最高房间，受到人们备极称赞。

图 281—巴特画的伦敦桥供水系统示意图

(Mysteries of Nature and Art, 1635) ABCDEFGHIKLM, 木构架。XX, 水轮, 安装于构回 IKLM 的两根中梁上的黄铜套中, 轮 P 也固定在 IKLM 上, P 的上方有一个凌晨轮 Q。WW 是由铁带 TT 固定在构架柱上的两个黄铜或铁的泵缸。每个泵缸都有装有一根用皮革包裹得很好的压力杆, 压力杆顶端都有两个长 2 英尺, 厚 2 英寸的木块, 木块的顶端是铁链, 向上联接到环绕半轮 Q 的铁带。木棒 RRR 联接主轮 XX 的把柄与轮 P 的把柄。水通过管道 NN 压送到这机器旁边的角塔顶端, 再从那里进入沿街铺设的木干道。

“这种奇妙的机器第一次在英国出现, 伦敦市长和市众议院都赞不绝口。因此, 为了鼓励这位能干的工(533)程师将如此卓有效用的事业继续下去, 他们特授权他使用伦敦桥的一个桥拱安装他的机器, 以便机器能更好地工作。但后来证明一台机器不足以提升所需的水量, 于是又让他的继任者利用另外两个桥拱, 安装更多的机器。目前机器的数目已达五台”。(见图 281。)

据斯托说(见 Ewbank's Hydraulics, P. 322), 市长和参议员们视察已竣工的工程时, “看到他把水喷射到圣马格纳斯教堂尖顶上面的情景。在此之前, 英国人从来不知道竟可把水提升到如此高度。”

伦敦桥的机器曾几经相当规模的改建和扩建; 最后在伦敦桥于 1822 年重建时, 这些机器都被拆毁。

继伦敦桥计划之后, 又建设了数项工程来增加伦敦的供水量, 以跟上伦敦快速发展的步伐。1613 年, 开掘了米德尔顿的新河, 将李河的水从威尔引出。德拉姆围场、约克大厦、米尔班克、大江克欣、布罗肯码头、沙德韦尔和沃平等地兴建了许多马力水泵和压力塔(见 Rhys Jenkins, 载 The Proceedings of the Newcomen Society, Vol. IX, pp.43—51)。关于这些抽水设备的详细说明均付缺如: 不过, 倒有一幅同时代人画的爱德华·福特爵士的水塔的示意图, 这座水塔建于萨默塞特大厦的下面(见图 282)。从图中可以看到, 它有一对活塞杆和一根很长的竖直的传动杆, 分别悬挂在象是一根摇动梁的两对端, 但梁的支点被略去未画出。这竖直传动杆带有一根青铜摩擦滚柱, 由从水平面轮上表面突出的一系列凸块带动, 这水平面轮是由在下面地面上绕行的马直接转动, 不经过齿轮传动。这不均匀的驱动把牲畜弄得很吃力, 据估计, 它们所付出的力量只利用了百分之三十左右。除了每个水泵能提升 60 英尺的高度而外, 这种设备与一个世纪以前阿格里科拉所描述的机器相比, 没有什么进步。1664 年, 这座水塔奉命拆除, 其原因并非因为它已没有用了, 而是因为它俯瞰邻近的萨默塞特大厦的庭园, 当时王太后正占用那里。

(535) 巴黎的供水系统也有一段类似的有趣历史。大约在 1608 年, 有个佛兰芒族工程师兰特拉埃建造了一台由“升液泵”构成的机械, 依靠塞纳河九号桥(当时名符其实地叫“新桥”)下面的水流来工作, 供给罗浮宫和蒂勒里宫的用水。在活塞的下行程, 水通过活塞上的阀门升高, 而在活塞的上

行程，水则被推过泵缸盖上的阀门而直接进入排水管，水从那里垂直向上涌出。活塞杆直立于一个横杆之上，在水下由一对竖直连杆悬挂在上面一个摇动梁上。

这种类型水泵淹没在水中，所以无需为了启动而注水；但是，当要对其工作部件进行检查或修理时，因不易接近它们而非常不便。不过，由于它很有实用价值，所以 1669 年又在圣母岛上建造 (536) 了一个类似的设施。

图 282—福特的水泵

然而，最值得注意、最为精巧的机器是荷兰工程师拉内坎设计的。这种机器曾经大规模制造。1682 年建成的一套这种抽水装置为凡尔赛的花园供水。实际上，这使企图利用旧的小型结构系统来满足大规模需要的尝试达于极点。这种尝试导致造出极其复杂和别出心裁的但效率又惊人地低的机器。这说明，应当注意制造大型然而简单的机器。

拉内坎的问题是要把水输送四分之三英里距离，升高到河面上 533 英尺高度，即在距离和高度方面都是胡阿内洛机器的两倍。象胡阿内洛一样，他避免了对付强大水压这个难题。他的办法是将管线分为三段，在距离河岸 600 和 2,000 英尺的地方设置两个中转蓄水池，它们分别在河面之上 160 和 325 英尺的高度上。

为了提供原动力，拦河筑了一条坝，使水流集中流过十四个巨大的下射水轮。在河边、第一蓄水池和第二蓄水池处的水泵的台数分别为 64、79 和 82；为了驱动这些水泵，装设了一个安装在摇动联杆上的杆系，沿小山而上。尤班克说：“这些链把动力传递到这样的高度和漫长的距离，因此这机器得到了‘无知的纪念碑’这个称号。”动力至少有百分之八十，有人说百分之九十五都浪费在摩擦和惯性的损失上面了。后来企图通过取消第二级泵来减少这些浪费，结果导致管道破裂以及联杆发生超应变。耗费不少资金进行修理之后，这全套机器最终还是废弃了，而代之以一台蒸汽帆、一些大型泵和坚强的管道。[关于这种机械的说明取材于德扎古利埃的《自然哲学》(Natural Philosophy)；贝利多的《水力建筑》(Architecture Hydraulique)；以及洛伊波尔德的《水力机械舞台》(Theatrum Machinarum Hydraulicorum, Vol. I)]。

工程概略

列奥那多·达·芬奇 (1451—1519) 本人没有发表过什么东西，但他积累了大量笔记。他去世以后，许多学者和著作家读到了这些笔记。他的短文述及齿轮系、曲柄、飞轮、摇臂驱动的压力泵、(537) 升降螺杆、带可调卡盘的螺杆进刀镗床；以及各种各样加工纺织机件的机具。运河水闸的发明也归功于他，至于究竟是他模仿了荷兰人和佛兰芒人早期的模式抑或是先驱，我们现在不得而知 (见 The Early Years of Modern Civil Engineering, by Kirby and Lau-rson, Yale, 1932, Chap. II)。列奥那多·达·芬奇为计划要写关于水力学的专著收集整理了材料。这些材料的原件现存南肯辛顿的福斯特图书馆，其摹真本以《几何学和水力学问题》(Problèmes de Géométrie et d'Hydraulique) 为题于 1901 年在巴黎印行。列奥那多的材料为吉罗姆·卡当 (1501—57) 所占用，他的著作 (De Subtilitate, 1550,

和 *De Rerum Varietate*, 1557; 两者均收入卡当的 *Opera Omnia*, Leyden, 1663, Vol. III) 可代替列奥那多的原本。卡当还增加了对一些当代著作的论述, 这在前面讨论德国早期供水系统时已经谈到。

然而, 对于约 1550 年之前机械技术方面所获得的实际成就, 阿格里科拉在其名著《论天然金属》(1556 年) 中已作了较为精彩的介绍, 书中说明了当时在采矿和泵抽方面运用动力的广泛程度。在其他行业方面有哈特曼·朔佩尔的一本小册子《大众全书》(*Papo-Plia Omnium*), 1568 年在法兰克福印行。这本书好象是二十世纪重新发现的按一定体系编排的拉丁文读本。每个项目都有德文和拉丁文并用的标题, 下面是一幅图画, 画面的中间是一位工匠, 他的周围是他的行业的材料、工具和产品, 图下是用拉丁文韵文作的解说。印刷工人在螺杆印刷机上用活字进行印刷。造纸工人已经装备了由水轮轴上的随动杆驱动的水浆机。造纸工人也有一台螺杆印刷机。可以看到白镗工在一个车床上车削金属单柄大酒杯, 其动力由套在一个大皮带轮上的环形皮带供给, 由一位助手摇动皮带轮的曲柄。图中车工在用车床加工一个球, 车床的心轴显然是由绳子或皮带带动, 后者的两端分别附着于一块踏板和一根弹性跨杆。这些工作都是个体劳动, 使用手工具, 只是最低限度地借助人力之外的动力源。

1579 年, 在里昂印行了篇幅相当大的四开本著作《皇太子妃同乡博学的数学家雅克·贝松的数学和力学仪器舞台》(*Theatres Instrumens Mathematices et Mechaniques de Jaques Besson Dauphinois, docteur Mathématicien*)。贝松是奥尔良的一位数学教授, 卒于 1569 年。他早先的著作都是研讨地下水源的寻找以及各种数学和天文仪器的制造。他最后这部附有贝罗阿尔德的注释的(538)著作, 是一部包罗了仪器、机床、泵唧装置以及武器等方面内容的巨著。这些设计中广泛采用了螺杆和蜗轮, 而这些机件的制造在当时很难达到足以有效工作的精度。贝松自己的螺纹车床(图 283) 只能加工小型工件。贝松的著作曾多次再版, 并被译成多种语言。这部著作对于在法国科学爱好者中传播列奥那多的传统起到了很大作用。

图 283—贝松的螺纹车床

另一本甚至更值得注意的著作是《阿果斯提诺·拉梅利上尉的各种精巧的机械装置》(*Le Diverse et Artificiose Machine del Capitano Agostino Ramelli*), 1588 年在巴黎出版。拉梅利(1530?—90) 在德·马里南侯爵属下任上尉, 他可能是在列奥那多·达·芬奇的指导下学习的。这部著作详述了许多二百年以后制造成功并成为商品的设备。这本精美的四开本著作中有一百九十五幅整(539)页插图, 艺术性强, 并有法文和意大利文的解说。拉梅利所描述的重型机械大部分是由当时普遍使用的下射或上射式水轮驱动的; 不过, 也有几种是带有从竖轴水平辐射状发出的弯曲叶轮。贝松也曾描述过其中的一种; 但那种机器当时即使有人使用, 也是很罕见的。它只有在一种特制的圆柱形水槽中才能有效地运行, 水流几乎切向地流动, 这种复杂情况没有带来什么补偿的优点。不论水平安装或垂直安装的水轮轴, 都提供旋转运动, 这种旋转运动配以罐链或球链水泵即可直接用于提水。拉梅利描述了两种类型; 但他较感兴趣的是活塞水泵。为此, 他设计了各种将旋转运动转变为往复运动的装置。阿格里科拉说明过一种带有水密曲柄箱的水泵。拉梅利对之作作了详细描述, 指出这个压力箱可能是木制的或金属制的。由于

对此感到不满意，因此拉梅利研制了一种换向装置。但他制成实际大小的机器后证明终遭失败。其主轴上装有两个轮子，每个轮子一半圆周带齿，这两个齿轮交替与一个灯笼式小齿轮上的齿条啮合（或在同一根轴上的两个灯笼式小齿轮交替地与一个部分带齿的齿轮啮合）。这样便可以达到换向，但在每次啮合一开始，全速的正向运动即突然转变成全速的反向运动。这个小装置败坏了拉梅利好几十种设计的信誉，使得现代读者产生怀疑，似乎他的所有插图差不多全都只是一些效能令人怀疑的、未经试验的设想。后来实践的发展趋势证实了这种看法。

制作和收集模型是当时业余科学爱好者的一项嗜好。一个富有的法国士兵的这样一份收藏曾由他的孙子写了一本书介绍给人们，书名是《珍奇的数学和力学制品藏物或格罗利埃·德·塞尔维埃尔先生藏物介绍》(Receuil d'Ouvrages curieux de Mathematique et de Mecanique, ou Description du Cabinet de M. Grollier de Serviere)(里昂, 1719年)。我们不清楚，他所描述的机械究竟全都真是模型，还是包括一些图解和说明。然而，显然其中有很多是活动的模型。这些模型的有些细部结构在实际机器上是无法复现的。

十六世纪那些不适合制成实际大小机器的模型，其共同特征是其中有些零部件需要精密加工，而那时的设备是无法使之满足的。拉梅利的旋转泵即属于这一类。他描绘了三种类型，其中有(540)一种配有一套有趣的链式传动装置。他说明了蜗轮操纵螺旋起重器的多种用法，大都同攻占要塞有关。但是，只是当精密机床出现，因而能经济地制造它们时，这种装置才真正得到实用。拉梅利还描绘了柱式和塔式风车，可分别用于碾谷和抽水。所示出的设计图很简单，但已能表示出他所见到的实际模型。

机械方面的成就主要来自如阿格里科拉所描述的那些实用机器的实际发展，而不是达·芬奇、贝松和拉梅利等人所作出的大胆而新颖的设想。当然，他们在大胆设想和预见方面产生很大的影响。

我们已对这两位作者作了很多介绍，而对他俩的继承者们就不能留多少篇幅了，虽然他们也撰写了许多今人感兴趣的著作。不过，后来的制图术却倒退了，一直到进入十八世纪之前，始终没出过能与拉梅利的相媲美的书。其后的改进主要是收录了比例图。不过，我们下面还必须提及几位附图介绍各种机械的作者。但读者若要了解更细致的详情，那只有去参阅 Th. 贝克的绝妙的概述 (Beitrag zur Geschichte des Maschinenbaues, Berlin, 1899) 或者直接参阅原著。

浮斯图斯·维兰齐奥的《新式机器》(Machinae Novae)(约 1617 年)描述了一些有趣的风车的细部结构、桥拱的拱架、吊桥以及疏浚设备。

维多利奥·宗加(1568—1602)是一部重要著作《机器新舞台和启发》(Novo Teatro di machine et Edificii)(帕多瓦, 1621 年)的作者。书中用相当粗糙的简图表明了从动力机械的应用扩展到缩绒、缩呢、复式锭子绢纺以及许多其他工业用途(见边码第 464 页图 233)。

贾科木·斯特腊达·迪·鲁斯贝格是一位著名的文物古玩收藏家和商人，他于 1617—18 年出版了一部著作，题为《各种畜力和人工的风车、水车以及各种水泵和其他无需花多大劳力而提升水的发明的图解》(Dessins Artificiaux de toutes sortes des Moulins a Vent, a l'Eau, a Cheval, et a la Main, avec diverses Sortes de Pompes et autres Inventions pour

faire monter l' Eau au hault sans beaucoup de Peine et Despens, etc.)。1629 年出版了它的德译本，后者在把十六世纪意大利的独创性成果传播到德国上面起了很大作用。

贝纳德托·卡斯特利是伽利略的朋友和学生，他深受列奥那多学派的影响，可能熟谙列奥那多笔记的梵蒂冈汇编本。他撰著了《论水流的测量》(Delli Misure dell' Acque Correnti)，在他去世后于 1628 年出版。波根多夫认为这是第一部记述关于江河和水渠中水流的正确原理的著作。

戴克斯曾写过一本小书《水的提升技术》(The Art of Water-(541) drawing)，1659 年在伦敦初版(1930 年纽可门学会曾影印过该书)，但这书没有得到应有的注意。戴克斯据认为是罗伯特·桑顿(1618—79)的化名，是一位矿业工程师，沃里克郡的煤矿有他的股权。在那一时期的技术著作家中，他是唯一按照类型和作用对机器及其零部件进行分析的人。其他作者都把每台机器均说成是独立而又与众不同的发明，重复地详尽描述类似的细节。戴克斯认识到大气压的本质，以及大气压对空吸装置所造成的限制。他还提出了“工作原理”：任何提升水的机器，无论其结构如何，所供给的动力都必须超过为提升水的自重所必需的数量。他还认识到，永恒运动是不可能实现的；一切机械有效工作的必要条件是结构简单和运行平稳流畅。遗憾的是他的著作没有图解。同时，它又是问世于艰难时世的一本篇幅短小的著作。这种种因素促使它稀如凤毛麟角。后来只是由于纽可门学会的警觉，才使它幸免湮没。

伽利略的具有划时代意义的著作《关于两种新科学的谈话》发表于 1638 年。我们可以认为工程理论即在那时最初奠定了基础。不时问世的许多专著都冠以“*Theatrum mnachinorum*”[机器舞台]的名称，通常后面再加上“*novum*”[新的]的字样，以告诉内行的读者：作者对他所介绍的全部思想负责。蔡辛(1607—18 年)、伯克勒尔(1661 年)、洛伊波尔德(1734 年)三人是这个领域最突出的撰稿人。这些著作主要复述他人的工作；但它们在细节、量纲以及机械和动力的推广应用等方面都有所进步。洛伊波尔德的著作虽然发表于十八世纪，但它主要还是对前人的工作广泛地进行了概述，对所述评的蒸汽机以前的时期作了恰当的总结。

补遗

我们已经回顾了两个世纪里机械工程的发展，从最初尝试性的重型矿用泵抽设备和运输设备，以及早期的公共供水系统，直到蒸汽机出现的前夕。这一时期以对水轮和水泵这两种机器的改进为其特征，两者在大小和结构细节的改良方面而言都已很适合实用。

塞缪尔·莫兰爵士 1674 年引入了直径为 10 英寸的实心柱塞水泵，它装有由两块“皮帽”构成的垫料盖，以防在吸水和排水两个(542)冲程中漏水，这样就无需再将泵缸淹没以避免启动注水。

伦敦大火灾(1666 年)之后，手工救火机很受重视，不断得到改进。1721 年，理查德·纽沙姆使救火机实际臻于完善。他把阀门置于活动门下方人可以接触到的位置，并给活塞装配了“皮碗”。

铸铁产生于现代初期。铸铁的产生导致熟铁生产增加，造价较低，因而其用途也扩大了。约翰·w. 哈尔写道(*Transactions of the Newcomen*

Society, Vol. VIII, p. 40): “1591 年时, 一个铁工场每星期出不了两吨铁; 常常由于缺水, 只能年产五十吨。”这样生产出来的铁必定价格昂贵。因此, 其用途只能限于其他便宜且易于制造的材料不适合利用的场合。那时的水箱和管道都是用白镴或铅制成的, 这些材料只值铁价的一半。实际上, 萨弗里的机器之所以失败, 就是因为他的铅制管道在他所施压力的作用下而破裂所致。布鲁尔的锅炉和蒸馏釜都是铜制的。十七世纪末, 人们用一种比锻铁炉稍大些的精炼炉来生产熟铁, 每次给 50 至 100 磅生铁鼓风。这样的产品往往得不到充分的脱碳作用, 在锻打以除去难熔性渣质时便发生破碎。直到大约 1800 年, 在制铁中想以原煤代替木炭的尝试才获成功。达德利 (1599—1684) 宣称, 他早在 1620 年就已成功地使用了这种方法 (Metallum Martis, 1665)。这自夸的说法没有可靠的根据, 很值得怀疑 (见 T. s. Ashton, 载 Transactions of the Newcomen Society, Vol. V, p. 9)。

用于软金属加工的滚压机可能在达·芬奇时代就已在应用了。L. 达尔姆施泰特尔 (Handbuch z. Gesch. d. Naturw. u. d. Technik) 曾引述过约巴斯·赫苏斯对尼恩贝格炼铁厂的描述, 说那里“用转动轮的重量”对铁进行滚轧。这段 1532 年的记载据认为是对备有滚轧和滚剪机械的轧铁厂的最早描述。其后很长时间内铁棒和铁板都是先由落锤来成形, 只是然后用滚轧光制。短小铁棒的制造方法是滚剪铁板, 或者是让铁板在两根轧辊之间通过, 其中一个轧辊上的突出环与另一轧辊上的突出环间的空隙相对, 从而把铁板剪切成条。在十八世纪末之前, 能耐得住为完成用这种方法加工铁所必需的压力和温度的轧辊一直没有普遍应用。

七、蒸汽机前驱

关于蒸汽机的历史，可追溯到亚历山大里亚的希罗（约公元 50 年）。希罗编纂过几种力学著作，包括一部关于气体力学的专著，其中描述了当时已有的各种机械装置以及他自己发明的一些装置，但他未指明哪些是他自己发明的。这些装置中，有一种机器能利用圣坛之火打开教堂的门；还有一种机器喷出能支持住一个轻轻的圆球的蒸汽流。更令人感兴趣的是一种汽堆，这实际上是反应式汽轮机。虽然希罗的汽堆（见图 284）据认为在以后的几个世纪里曾经实际应用过，但它仅仅略胜于玩具。

图 284—汽堆（左）给熔铜炉吹风

这是一个带有小开孔的空心青铜球，水从开孔注入。当水煮沸时，就有强烈的风从球中吹出来。

在近代肇始之前，尽管有关蒸汽动力的知识没有失传，但几乎没有什么东西记载下来。十二世纪以降的各种文献都表明了这一点。据说，1125 年热尔贝在兰斯制造了一架由热水压缩的空气来鼓风的风琴（见 R. Stuart's History and Descriptive Anecdotes of Steam Engines, Vol. I, p.15）。卡当在十六世纪中叶提到蒸汽动力以及通过冷凝蒸汽来产生真空的方法（De Rerum Natura, Bk.XII, (544) Chap. 58, p.425, in ed. 1557）。马西修斯在 1571 年也讲到过蒸汽动力；还有某个轶名的同时代人试图利用希罗的汽堆来转动烤肉叉。奥尔良的贝松（十六世纪）写过关于蒸汽动力的著作，意大利人阿果斯提诺·拉梅利在 1588 年发表了一本论述机器的书（Le Diverse et Artificiose Machine）。列奥那多·达·芬奇曾描述过一种蒸汽炮（他认为这是阿基米德的发明），它把水滴到一个灼热表面上，利用水汽化所产生的骤然膨胀把炮弹射出。

1601 年，巴蒂斯塔·波塔在其《神灵三书》（I Tre Libri de' piritali, ed. 1606, P. 77）中描述了一种利用蒸汽压力提升水柱的机器，它通过冷凝蒸汽的办法产生真空让水流入（图 285）。这种机器利用蒸汽压力排除液体，而(545)希罗则利用空气膨胀的压力。所以，波塔引入了一种新东西。此外，波塔还精确地描述了蒸汽在利用冷凝产生真空中所起的作用，并构想出一种装置，它借助大气压力把水强迫注满如此产生的真空。不过，这些装置并未产生什么实际效益。

达维德·里沃在 1608 年出版的《枪炮原理》（Les Elemens del' Artillerie）中指出，加热盛有水的密封炮弹壳，可使弹壳破裂，无论壳壁多么厚。他写道：“里面的水变成了空气，汽化以后，接着便是猛烈的爆炸。”

所罗门·德·考司在《动力的理论》（Les Raisons des Forces Mouvantes）（1615 年）中描述了一种借助蒸汽的膨胀力提升水的机器（第 4 页）（见图 286）。

布兰卡在《乔万尼·布兰卡爵士的各种机器》（Le Machinediverse del Signor Giovanni Branca, etc.）（罗马，1629 年）中描述了一种汽轮机，它用蒸汽冲击叶轮的叶片来使叶轮转动。这个装置——如果曾经制造过的话

——也许只是个玩具（见图 287）。

图 286—利用加热提升水（德·考司）

1630 年，戴维·拉姆齐获得了查理一世给多种发明颁发的专利权，其中一项发明是“利用火将深矿井中的水提升起来……可依靠不流动的水使任何类型磨矿机连续运行，而不用借助风力、等待[压力？]或畜力，……用一种前所未有的新方法将水从低处、矿铜球 A 在 D 处有一开口，由此将球部分充水，然后用龙头盖紧。球中还有一根管子 BC，向下伸到接近底部的 c 处，在 B 处也有一个龙头。将球加热，一当打开 B 处的龙头，水就通过它喷出。井和煤矿中提升起来。”显然，这都是应用蒸汽动力。（见 T. Rymer, *Foedera, conventiones, literae, etc.*, 1732, XIX, P.239 和 P.17.）

威尔金斯主教在其《数学的魔力》(Mathematical Magick)(1648 年)中指出，汽堆曾被用来“驱动出风角的翼板，这翼板的运动可以被用来旋转烤肉叉之类的东西”(第 149 页)。

伍斯特侯爵

图 287—布兰卡的汽轮机

上述这些装置看来都没有用于大规模工作过，而且其中有一些是否按照建议制造过也是很值得怀疑的。但是，伍斯特的第二位侯爵爱德华·萨默塞特在他的著作《我(546)实践过的百年来发明的名称和样品》(A Century of the Names and Scantlings of In-ventions by me already practised)（写于 1655 年，发表于 1663 年）中描述了一种利用蒸汽提升水的装置。作者没有提供这机器的图解，但后来人们按照他的说明画出了各种示意图，其中有一幅现存于伦敦科学博物馆。实际上，它只不过是德·考司机器的更为精巧的形式，将原来只是喷水的装置改良成为提升水的机器。有一台这样的机器建造在沃克斯霍尔，可将水提升到 40 英尺的高度。现在尚保存着 1663 和 1669 年的目击者的记载。1663 年，议会通过法令授予这位侯爵的“控水机”以为期 99 年的专利权。博物馆的这幅藏图“示出一个高压锅炉和两个容器，当容器中的蒸汽冷凝之后，大气压就把水强迫泵入容器之中；以后萨弗里广泛改进了这个系统，其中后来又用蒸汽压力将这水释出”(science Museum Catalogue, Stationary Engines, p.28, Exhibit 40)(见图 288)。

图 288—伍斯特的控水机

AA 是由蒸汽管联接到后面锅炉的两个容器。D 为火炉。E 为由管道 FF(548)联接到 AA 的竖直水管。水由管道 GG 提供，GG 插入水井 H，带有阀门 aa。蒸汽交替进入 A 和 A，并在那里冷凝，使大气压强近水从井 H 上升通过 G 和 G。当一个容器充满水时，蒸汽强迫水从另一个容器沿 E 上升。当一个容器是空的时，蒸汽就从它转入另一容器，而它重又充满水。

这种“控水机”是我们所知道的企图实际应用一项发明的最早的认真尝试。但当时时机尚未成熟。伍斯特没有能够成立一个公司来研制他的发明。他去世后，他的遗孀曾为此作过长时间的努力，但也未获成功。

原文为“waite[weight?]”，作者怀疑 waite（等待）系 weight（压力）之印误。——译者

惠更斯

1608年，惠更斯设计了一种用火药膨胀力作动力的机器。这是第一台带有汽缸和活塞的煤气机。它示于图289，图中A为汽缸，B为活塞，CC为装有止回阀的排气管。火药在H处爆炸，把空气从汽缸中排出。当机器冷却时，汽缸A中的压力降低，大气压便迫使活塞B下行，这样便将悬吊在滑轮系F上的重物升高。但是，惠更斯所设想的这种机器从没有实际制造过。

图 289—惠更斯的煤气机

图 290—帕潘的带有安全阀的蒸煮器

帕潘

下一个重要进步是法国人德尼·帕潘（1647—1712）作出的，他做过惠更斯的助手。1675年，帕潘来到英国，同罗伯特·玻义耳一起工作。1680年他被选入皇家学会。1681年，他发表文章介绍“蒸煮器”（图290），后者所以值得提到，是因为它包含一种新发明——安全阀。“蒸煮器”是在密封器皿中用水煮骨头而使其软化的装置。正如我们现在所知道的那样，水在高压下煮时，沸点较高，这样便增强了水的溶解力。帕潘写道：“我所取的是牛骨，这些骨头已干置了很长时间，但从未煮过，而且是腿骨上最坚硬的部分；我把这些骨头放在一个小玻璃瓶中，加上水，把它跟另一个也装满骨头和水的玻璃瓶一起放在这机器上，但后一个瓶里是肋骨，并已煮沸过。然后用火加热，直到里面的水滴在三秒钟内干涸，压力达十个大气压，这时将火去除。在这容器冷却后，我发现我的两个玻璃瓶中都有美味的骨冻，但原来装有肋骨的瓶中是一种带有红颜(549)色的骨冻，我认为这可能是骨髓部分产生的；而另一个瓶中的冻胶无色无味，就象鹿茸冻一样；……和……我用柠檬汁和糖加以调味，然后品尝了它一下，味道也极其鲜美，而且简直同鹿角冻一样开胃”（*New Digester for Softening Bones*, 1681, p.22）。这容器要经受相当大的蒸汽压力，因此为了防止爆炸，帕潘在蒸煮器的顶部插入了一根管子HH。管的顶端由阀门P封闭，借助悬吊于杠杆LM一端的重物N来保持封闭状态，LM可绕其支座LO转动。

1687年，帕潘在意大利度过几年后重返英国，在英国又构想出一项发明——将动力从一点传递到另一点。“在有动力供给的一点，他用抽气机把一个气包抽空，并用一个导管通到远处需利用动力的一点，在那里从活塞背后抽掉空气，空气对活塞的压力使之退进与之相适配的汽缸，从而提升一个重物，其重量与活塞大小和抽空程度成正比。帕潘在他自己的实验上并未获得满意的成功；但是，他创生了近代动力空气传递系统的胚芽。他对致力于这种系统实用化所得到的结果深感失望，因而意气沮丧，遂亟望再次易地卜居”（*Thurston, The Steam Engine*, P.49）。因此，1687年他接受了德国马尔堡大学数学教授职位，在那里度过了多年。

帕潘在马尔堡试图改进惠更斯的火药引擎，想以蒸汽代替炸药，因为蒸汽的冷凝可产生真空度很高的真空。于是，他制成了第一台带有活塞的蒸汽

机，它用冷凝来获得真空。〔帕潘的设计发表于《学术学报》(Acta Eruditorum)，莱比锡，1690年8月，第410页及以后，题为Nova Methodus ad vires motrices validissimas lev;(550) pretio comparandes，即《一种获取廉价大动力的新方法》。〕图291所示便是这种引擎。汽缸A的底部放有少量的水，汽缸的底由很薄的金属做成。将汽缸加热，所产生的蒸汽将活塞B推至顶端。一个门E与活塞杆H上的凹槽相楔合，并一直保持到被释放。一当火撤除，蒸汽便开始冷凝，从而产生部分的真空。E脱开后，大气压便驱使活塞下落，这样，就将缚在滑轮TT上的绳索L上的重物提升起来。汽缸的直径为 $2\frac{1}{2}$ 英寸，每分钟可提升60磅重量。帕潘计算出，若汽缸直径为2英尺多一点，活塞冲程为4英尺，那末，每分钟即可将8,000磅的重物提升4英尺。

图291—帕潘的蒸汽机

帕潘建议用这种机器从矿井提水，抛射炸弹，以及借助桨来开动船只，他说：“最大的困难是制造这样的大型汽缸。”在1695年再版的一部著作(Recueil de diverses Pieces touchant quelques nouvelles Machines, Casse1)中，他描述了一种用于这种机器的经过改进的炉子——水把火团团围住，以极高的速率产生蒸汽，足可每分钟完成四个冲程。他还设计了一种炉子，燃料可以利用下向通风放在炉蕊上燃烧。

后来，在1705年，帕潘从莱布尼兹那里得知了萨弗里的引擎，并得到了他给予的一张这种引擎的示意图。1707年，帕潘在其《新的人力提水法》(Nouvelle maniere pour lever l'eau par la force du feu, Cassel)中发表了一种新型引擎的详细说明，它是对萨弗里引擎的改进，而他以前的那种引擎则是对惠更斯引擎的改进。不过，这种引擎比起他的第一种来并没有什么进步。

1707年，帕潘用他的蒸汽机(本来的设计是一种蒸汽抽水机)在卡塞尔的富尔达河上开动了一条模型船：这蒸汽抽水机抽出水来驱动一个水轮，水轮带动桨。(这些实验的经过记载在帕潘同莱布尼兹的通信中，现存汉诺威国家图书馆。)其时，莫兰和萨弗里也在攻这一课题。

莫兰(551)

塞缪尔·莫兰爵士是查理二世的掌管机械事务的官员。他做过各种蒸汽实验，制造过多种救火机。他曾发明过喇叭筒、计算机和一种绞盘，并对泵也非常注意。在1685年于巴黎出版的一本书(Elevation des Eaux par toute sorte de Machines, etc.)中以及早期的一部手稿(现存不列颠博物馆)中，他都写到了蒸汽问题。他在那部手稿中写道：“用火蒸发水时，水蒸汽所需占据的体积要比原来水占据的体积大(约大两千倍)；而且水蒸汽不屈服于被束缚的状态，它能爆裂一门大炮。然而，如果按照静力学规律加以控制，并科学地使之处于负荷和平衡的限度内，那末；它就会(象良马一样)驯顺地负起重担，这样就会大有益于人类，特别是用来提升水。”然后，他给出了一个表，“列明当汽缸一半盛水，每小时提升1,800次，提升高度6英寸时，对于汽缸的不同直径和深度，蒸汽所能提举的水的重量各为多少。”

图 292—塞缪尔·莫兰

莫兰所给出的水变成蒸汽时体积的增大比其他实验者所估计的要准确得多。德扎古利埃给出的数字是 1:14,000, 德扎古利埃的数字在许多年里一直为人们所接受, 直到瓦特用实验估计这数字为 1:1,800 或 1,900。

莫兰对与他同时代的伍斯特的的工作自然很熟悉。他的装置很可能是对伍斯特机器的改造, 但关于他的工作我们不甚了了。他于 1696 年去世。

萨弗里

到十七世纪末, 越来越深入地下的英国矿工备受矿井中积水的折磨。因此, 这问题成为性命攸关的问题。托马斯·萨弗里(约 1650—1716)攻了这个问题。他是一位军事工程师, 对力学、数学和自然哲学都有浓厚的兴趣。通过在实验和奇妙机械的发明方面作了很多努力, 他获得了一种机械装置的专利权, 这种装置用一个绞盘驱动明轮, 可在风平浪静中开动船只, 他曾试图说服海军部采用这种装置。为此, 他受到海军部一个官员的非议。那位官员说:“与我们海军毫无关系的人凭什么自夸要为我们海军设计或发明什么东西?”萨弗里曾在泰晤士河上演示了他的发明, 但最后海军还是没有采纳它。

后来, 萨弗里发明了一种蒸汽机, 与伍斯特的非常相象。我们(552)现在说不上他是否知道伍斯特或其前人的工作。1698 年 7 月 25 日, 萨弗里获得了一项设计专利权, 这就是第一种可实际应用于从矿井中泵抽水的蒸汽机。1699 年, 他用一具活动模型在皇家学会作了成功的演示(见 Phil, Trans, .1699, v01.xxi, Pp.189 and228)。

萨弗里的专利证书的扉页上有这样的题辞:“授予托马斯·萨弗里先生, 他独一地作出了一项新发明, 利用火的推动力来提升水或者驱动各类机械。它可用于矿井排水和城镇供水, 以及在没有水力和风力资源的地方用于驱动各种磨机。专利有效期为十四年, 条款如常。”

图 293—萨弗里的蒸汽机

A, 火炉; B, 锅炉, 由管道 c 与汽包 D 联接, 从 D 的底部导出的支管向上弯曲形成“压送管”G。从 D 的顶部向下弯曲的各支管会合形成吸水管 H。H 通到被泵抽的水。(最大提升高度 24 英尺。)打开旋塞 c, 蒸汽便从 B 导出去充满 D。将 c 关掉, 蒸汽便冷凝。于是, 水就沿吸水管上升进入 D。C 打开, 止回阀便关闭, 而蒸汽就把水沿 G 压送出去, 其瓣阀在水到达时即打开。然后, 这个循环再重复进行。当一个汽包在充蒸汽时。另一个汽包在放水——两个汽包及管道交替工作。

萨弗里不但懂得如何发明, 而且懂得如何使他的发明为人所(553)知, 看来他对广告的作用有正确的认识。他甚至能够使他计划中的细节部分也为人知道和理解。他的活动模型给皇家学会留下深刻的印象, 得到学会的赞许。他把一幅他的机器的图呈交给皇家学会, 《哲学学报》(同上)刊载过一幅图版, 附有解说(见图 293)。

他的另一种蒸汽机示于图 294。这是一种较简单的装置, 1712 年建于肯辛顿的坎普顿大厦, 造价 50 英镑, 每小时可提升 3,000 加仑的水。每个汽

包每分钟充汽四次，机器每天耗煤 1 蒲式耳。这部机器“获得极大成功，自它建成之(554)后，再也没有发生缺水的情况。”其容量将近 1 马力。

图 294—萨弗里的小型蒸汽机

G 为吸水管，长 16 英尺，直径 3 英寸。E 为汽包，容量 13 加仑。B 为锅炉，容量 40 加仑。L 为压送管，42 英尺高。DMN 为联接导管和旋塞。工作程序如图 291，所不同的是应用了表面凝结，以及旋塞 M 打开时可让水从上升干道进入汽包 E。

然后他又设计了一种更有效的机器，专用于解决科尼什矿井的积水问题。他还为之写了一本小册子，书名为：《矿业主之友——火力升水引擎，说明它在矿井中安装的方法，它还适合的其他用途；以及对质疑的答辩》(The Miner's Friend, or, An Engine to raise Water by Fire, Described, And of the Manner of Fixing it in Mines, With an Account of the several other Uses it is applicable unto; and an Answer to the Objections made against it) (伦敦，1702 年)。这小册子曾在矿业股东中广为流传，当时他们的赢利正因高昂的排水费用而所剩无几。比如，一个矿井要用 500 匹马拉动辘轳和勺斗来提水。萨弗里对国王和皇家学会的赞许表示感谢，并以精明的广告宣传而使他的发明为世人所知。

萨弗里的蒸汽机是第一种可付诸实用的蒸汽机。他的机器和伍斯特的机器一样，也是将锅炉与水源分离；但萨弗里应用表面凝结方法，这样在汽包需要再充汽时便可方便地充汽，并且它还设有一个副锅炉，可不间断

地向工作锅炉供给水。换句话说，只要机器不损坏，就可连续不断地工作。萨弗里还在锅炉中安了量水旋塞以指示水位。必须指出，萨弗里没有使用安全阀，这样在深矿井中，他的机器就必须承受超过安全限的压力。这种机器示于图 295。

图 295—萨弗里的最后一种蒸汽机

这种机器和第一种(图 293)相似，只是它的汽包用从水箱 C 流来的水来冷却，c 的水由“压送管”下注入，以及主锅炉不间断地得到副锅炉(图中左边所的水提升一定的高度，示)的供水。

这种机器用来为城镇或私人住宅供水。也有二些矿井采用它，但为数不多，因为在很深的矿井中，要把相当多所需的蒸汽压力是很大的，这样就有锅炉发生爆炸的危险。在矿井中，这种机器必须置于 30 英尺以深的地方，因此如果井下水泛滥，就会把机器“淹没”。在深矿井中，水所要提升的高度要求所用的蒸汽应具有几个大气压的压强；当时认为三个大气压是安全工作的上限。于是，便在竖井中每隔 60 至 80 英尺的地方安装一(555)台引擎，这样，每合引擎都是从下面一个引擎的水仓往上提水。只要有一台引擎出了毛病，泵抽工作就不得不停止，直到修复后方可重新工作。萨弗里的锅炉直径不超过 $2\frac{1}{2}$ 英尺，而且必须在竖井中各个深度处安装多台机器。这既昂贵又危险，所以矿主们宁愿仍旧采用马拉的方法。此外，燃料的浪费也很严重。锅炉的受热面太(556)小。其冷凝方法造成的浪费更严重。萨弗里蒸汽机的这些缺点后来都被克服了，但那已是十八世纪他死(1716 年)后的事了。

(参见 R, H. Thurston, A History of the Growth of the Steam -Engine,

八、机械计算器

为了节省在数值计算工作上所花费的时间和脑力，并避免脑力计算常易产生的错误，人们设计制造了大量机械计算工具，它们类型繁多，复杂程度不一。这方面最初的努力导致产生算盘和所谓“耐普尔骨筹”这类计算工具。计算尺在十七和十八世纪中发展起来，成为一种实用仪器。一般意义上的计算机即可用机械进行算术运算（例如利用联锁齿轮）和显示结果的机器，在这个时期尚处于试验阶段，要到十九世纪才开始成为实用的计算工具。

算盘

算盘的历史非常悠久。它似乎是从印度向东西两个方向传播的，但有一种说法认为它是闪米特人发明的，可能源于阿卡德人。现在，东方仍然使用这种工具，而在西方它仅被用于初等教育。但在古代和中世纪，欧洲曾普遍应用这种计算工具，直至十七世纪。它甚至影响到了算术的书写记法，而后者取代了算盘的应用。原始形式的算盘只不过是些卵石（拉丁语 *calculi*，因而有英语动词 *to calculate*），或者其他诸如此类的东西，它们被置于沙土上划出的沟槽里，或摆在划成长条的表上。后来出现了一种我们比较熟悉的形式，即在一个浅底盒子的边上固装着许多互相平行的等距离的线或杆，杆上串上珠子，可以自由滑动。各相继杆上的珠子形成一个个组合，分别代表各相继位的数值，由此表示一个名数。据说热尔贝（约 1000 年）首先采用算筹（*apices*），它可以用来代替算珠表示数字。在中世纪的西欧，这种器具有各种名称：*mensapythagorica*〔毕达哥拉斯表〕（这个名称也用来称呼乘法表）、*mensa* 或 *tabula geometricalis*〔几何表〕以及 *abax* 或 *abacus*〔算盘〕。这种表通行的欧洲形式是用线条将表划分成若干长条（*spacia*）以代表相继的各位数。⁽⁵⁵⁷⁾在这些长条中，放上适当数目的算筹，英国人把这整个表称作“计数器”，这个名称一直沿用至今。十五世纪时，这种行式算盘在欧洲商业上广泛采用。通行用算盘算帐。到了十七世纪，算盘的应用为从意大利传来的笔算法所取代，欧洲各国一般就只有文化水平低下的人在使用算盘了。在中国和日本式的这种工具中，算珠串在杆条上，每根杆条都被一根隔条分隔为两段，其中一段有五颗珠子，另一段有一颗，有时两颗。任何度量单位的五以下的数字均可通过将五颗算珠的一颗或多颗拨向隔条来表示；数字五也可以通过将五颗算珠拨回原处，进而拨下另一段上的一颗算珠或两颗中的一颗来表示；六至十的各数字可通过拨动这后一颗算珠和那五颗算珠中的一颗或多颗来表示。数字十也可通过拨动左边邻行上的一颗算珠来表示，余此类推。算盘主要用来做加法和减法，但在中国和日本也巧妙地用来计算较复杂的乘法和除法以及开平方和开立方（见图 296）。

图 296—算盘

古代闪米特人的一支，古代巴比伦北部的阿卡德王国（公元前三世纪下半期）的居民。——译者
此动词意为“计算”。——译者

(558) 耐普尔骨筹

另一种做乘法的工具是“耐普尔骨筹”即算筹。约翰·耐普尔——对数的发明者——在其《魔杖的研究或用魔杖计算的两书》(Rabdologiae, seu, numerationis per virgulas, libri duo)(爱丁堡, 1617年)一书中描述了这种工具, 不过其原理似乎早已为东方人所知。算筹有几种形式, 但一般都是每套有十根矩形木杆, 每根木杆有四个平整的表面。每个面都划分为九个方块。最上端的方块中写上一个数字, 下面诸方块依次写着顶端那个数字相继与 2 至 9 各数的乘积。每个乘积的十位数和个位数用方块上的一根对角线隔开。0 至 9 十个数字都用这种办法处理。图 297(a) 所示即为数字 7 的情况。若要用 0 和 9 之间的一个数乘另外一个数, 譬如 315×7 , 那末就将顶端数为 3、1 和 5 的三个面并排放置, 如 (b) 所示; 记下各面的第七个乘积, 将每个方块上的十位数与其左邻方块的个位数相加。如此相加的各个数字看去都处于一个个小的平行四边形之中。于是, 对于乘数 7, 我们即可得 5、 $3+7$ 、1、2, 如此便以逆序给出所求之 315 和 7 的乘积为 5、0、2、2, 即积本身为 2205。当乘数是一位以上的数时, 将上述过程对每一位数都进行一次; 把各个(559)部分积一一记录下来, 最后将它们总加起来, 同时考虑到每个部分积的位值。每个数字的倍数都在四根不同的算筹上重复出现, 其分配原则是使各数字尽可能自由地相结合以便作乘法运算。

图 297—耐普尔骨筹的使用

十七世纪时, 人们对“耐普尔骨筹”进行了多方改革。例如, 朔特在 1668 年表明了如何把这些算筹安装在一些可转动的圆筒上, 再封装在一个盒子里, 这样操作起来就非常迅速。

计算尺

对数计算尺的发明大约可回溯到 1630 年, 因此几乎和对数的发明同样久远。这种仪器所依据的原理是: 两个或更多个数的乘积的对数等于这些数的对数之和, 例如: $\log(A \times B) = \log A + \log B$ 。这样, 如果沿一条直线截取两相继的线段, 其长度分别等于 $\log A$ 和 $\log B$ (依一定的尺度), 那末, 这两条线段之和即相当于 $\log(A \times B)$ (依同样的尺度)。

格雷歇姆学院的埃德蒙·冈特就是根据这条原理制成了对数“数线”, 他在其著作《三角精义》(Canon Triangulorum)(伦敦, 1620 年)中作了描述。“数线”是一种标尺, 从一端开始与 1 和 10 间各个数的对数成比例地截取线段, 每一线段的端点标上该线段等当其对数的那个数。这样, 这标尺两端所标的数字就是 1 和 10。线段在尺上的加和减等于相对应的数的乘和除, 这些运算借助一只分规来进行。“冈特尺”还有按同样原理标度的线, 表示三角函数的对数, 适用于航海。但这种计算尺没有滑动部件, 所以严格地说它算不上计算尺。不过, 人们总是不太注意这一区别, 因而往往错误地把计算尺的发明归功于冈特。

这项发明实际上似乎应归功于英国数学家威廉·奥特雷德(1575—1660), 他废弃了冈特的分规, 代之以使一把对数分度的“冈特尺”在另一把同样的“冈特尺”上滑动, 两把尺一起握在手里。除了发明这种直计算尺

而外，奥特雷德还设计了一种圆形计算尺，刻度标示在同心的圆标尺上。计算借助两根可绕圆心转动并横越这两把圆尺的指针来进行。这两根指针是仪器仅有的可活动部(560)分。奥特雷德的仪器经其本人同意，由他的学生威廉·福斯特在其著作《比例圆和水平仪》(The circles of Proportion and the Horizontal Instrument)(伦敦，1632年)中记述下来。很可能约在同一时间，伦敦的一位数学教师理查德·德拉曼也独立发明了圆形计算尺。理查德·德拉曼肯定在福斯特的书出版之前两年就已描述过圆形计算尺。后来奥特雷德和德拉曼两人互相指责对方剽窃，但直计算尺的发明者无可争议地是奥特雷德。

十七世纪为改进奥特雷德的发明而作了种种尝试。其中有的旨在增加尺的长度，同时又要不使它长得招致麻烦。这在某种程度上无疑也正是奥特雷德搞圆形尺和其他设计(指针被抑制，两个圆盘可彼此相对转动)的目标。后来，有时把对数标尺沿螺旋线截取；这一改良要归功于米尔本(1650年)。直尺也曾被制成折叠式的，在不用时可折叠起来。由一把可活动的直尺在两把固定直尺中间滑动的计算尺产生于十七世纪中叶，塞恩·佩特里奇在他于1657年完成的著作(The Description and Use of an Instrument called the Double Scale of Proportion, 1672)中描述过这种计算尺。十七世纪时，无论在英国或者欧洲大陆，这种计算尺都鲜为人知。不过，牛顿似乎很熟悉这种仪器，他还说明怎样借助三把冈特尺用机械的方法来解数字三次方程(Opera, ed. Horsley, Vol. IV, p. 520)。

人们逐渐认识到计算尺的原理可用于快速计算各种各样描述量——科学的、技术的、航运的、商业的等等，而且制造了种类几乎不计其数的仪器，以适应各种专门用途。

计算机器

现在我们来介绍几种最早的可以恰当地称为计算机器的装置。约翰·西尔曼斯在其《数学学科》(Disciplinae Mathematicae)(1640年)中提到一种用齿轮进行机械乘法和除法的装置，他宣称制造过这种装置。但是，他没有介绍机器的细节。今天我们知道其细节的最早的计算机器是巴斯卡1642年19岁时发明的一种加法机。

巴斯卡的机器外表象一个长方形盒子，上表面上是一行齿轮，每个齿轮的十个齿上都刻有数字0至9。这些齿轮分别对应于个位、十位、百位等等。不过，巴斯卡发明这种机器的目的是为了(561)帮助他父亲合计金钱款额。因此，他的有些机器除了有表示高达六位的普通数字的齿轮之外，另外还有一些齿轮用来加但尼尔和苏，它们各自有12和20个分度。每个齿轮的上方有一条长孔，这样，当转动外齿轮时，匣子中与之相对应的另一个齿轮上的数字便依次在这孔中显露出来。

图 298—耐普尔骨筹(原始型)

图 299—耐普尔骨敌(圆筒型)

苏(sou)是法国铜币，合1法郎的1/20；但尼尔(denier)是法国古币，合1苏的1/120。——译者

图 300—巴斯卡的计算机

图 302—莫兰的计算机

外齿轮向前（减法时向后）转过所希望的分度数，方法是把一个金属尖物插到相应的齿上，转动这齿轮，直到这个尖物被这齿轮上的凸销挡住。在这个操作过程中，所希望的数字便已加到了孔中原来所示的数字上（或从后者减去）。过去所有这类机器的困难都是进位（十位等等）以及加到左邻数字的问题，巴斯卡的机器为此采用了一种灵巧而又复杂的装置，叫做 sautoir [长珠串] 不过，当时的工艺条件还不能使巴斯卡的设计变成理想的实物。〔关于这种仪器的说明，可参见狄德罗和达朗贝的《百科全书》(Encyclopedie), 巴黎, 1751 年, 第 1 卷第 680 页及以后。伦敦南肯辛顿科学博物馆陈列着这种机器的复制品。〕

图 302—莱布尼兹的计算机

塞缪尔·莫兰于 1666 年发明了十七世纪另一种计算金额的加减法机器。他当时并不知道巴斯卡的发明，莫兰的机器是金属的，其大小为 4×3 英寸 \times 不到 $1/4$ 英寸。(图 301 右图是仪器盖板拿去后的视图。) 面板上有八个刻度盘分别用来计法辛、便士、先令、英镑、十英镑、百英镑、千英镑、万英镑。前三个刻度盘分别划分成 4、12 和 20 等分，其他都分成 10 等分。在各刻度盘中，有一些同样分度的圆盘围绕各自的圆心转动；借助将一根铁尖插进各分度对面的孔中，可使这些圆盘转过任何数目分度。一个圆盘每转完一周，该圆盘上的一个齿便将一个十等分刻度的小的计数圆盘（可看到恰在大圆盘的上方）转过一个分度，由此将这一周转动记录下来。总计金额从一种货币单位向另一更高单位的换算不是自动的，这项工作必须由操作者来做，然后才可读出所需结果。在调整小圆盘和转动大圆盘时，必须遵守专门的规则，具体视所进行的是加法还是减法而定。

莫兰的另一种机器系用于乘法，其工作方式在一定程度上是(562)根据“耐普尔骨筹”的原理，但他以可转动的圆盘代替后者的算筹，在圆盘直径的两对端标有每个倍数的数字，这种仪器也可用来进行开方运算。〔以上两种仪器的说明，参见莫兰的《两种算术仪器的说明及用法》(The Description and Use of Two Arithmetick Instruments) 一书，伦敦，1673 年。〕莫兰还发明过一种机器，可用来快速解三角形和求三角函数的值。

图 303—阶梯式计数器

巴斯卡和莫兰的机器主要用于做加法。为了便于进行乘法，就要附加一些设备，以使用机械重复累加同一数字，例如用一个手柄。这就是莱布尼兹制造的机器的目标。其中一台设计于 1671 年而完成于 1694 年的机器现存汉诺威，而另一台完成于 1706 年的机器似乎已经失传了。莱布尼兹在设计过程中发明了两种非常重要的装置，它们在现代计算机中仍然作为两种组件。这就是“阶梯式计数器”和“针轮”，两者都用于对任何选定的数字作机械加法。

阶梯式计数器主要是一个带有九个嵌齿或齿的滚筒（图 303），每个齿均与滚筒的轴平行，长度以等增量递增。当滚筒转满一周时，某些齿便与联

法辛，英国铜币，合四分之一便士。——译者

接着一个计数器的一个嵌齿轮上的某些齿相啮合，这个嵌齿轮可平行于滚筒轴地移动。如此啮合的齿数以及计数器读数最后改变多少，都取决于这嵌齿轮沿滚筒位于多远的距离。这个数字显示在近旁的一个标尺上，而借助这标尺的指示，可将嵌齿轮置于所希望的位置上。阶梯式计数器在以后的许多计算机上都成为关键的部件，例如科尔马的托马斯四则计算机（1820年）。

图 304—针轮

另一种可随意改变与嵌齿轮啮合的齿数的装置是“针轮”。波莱尼曾描述过（*Miscellanea, Venice, 1709*）这种装置，但从莱布尼兹遗留的一份手稿（见 *Zeitschrift f. Vermessungs-Wesen, 1897, p. 308*）来判断，看来他也已经知道这种装置。针轮是一个齿轮，它的圆周(563)上有九个可活动的齿。它们可以全部处于这齿轮的内部（当它们无法同任何外部齿轮啮合时），或者每当这针轮整个地转过一周时，这齿轮的九个齿中可以有任意所希望的个数从中突出，同外部计数器相啮合。这样，计数器便可向前移动任何所希望的位数。图 304 是针轮原理的示意图。图中，KKK 是针，R 是一个穿过针上的孔的弯环；在更早的仪器中，R 是一个圆盘上的一道弯沟，支承针肩。H 是手柄，用来转动环或圆盘以便把所希望数目的针推出。与阶梯式计数器相比，针轮的优点是所占地位小。它们在十九世纪为托马斯和俄国发明家 w. T. 奥德涅尔所采用。奥德涅尔的计算机后来发展成为著名的布伦斯维伽计算器。

莱布尼兹是在获悉巴斯卡的机器之前发明他的 *machina arithmetica*（算术计算机）的，并在 1710 年作了描述（*Miscellanea Berolinensia, Vol. I, p. 317*；亦见 w. Jordan in *Zeitschrift f. Vermessungs-Wesen, 1897*）。这种机器主要由两部分组成，一个部分是固定的，记录通过反复累加同一个数而获得的各个部分积，而另一个部分是可活动的，以便可以按各种单位或单位组对被乘数进行这些加法。莱布尼兹的机器非常复杂。尽管花了大笔费用，但它们的工作还是不能令人满意，无疑这在很大程度上是由于它们结构上的缺陷所致。托马斯机器之前的一切计算机一般都是如此。

（参见 E. M. Horsburgh, *Napier Tercentenary Exhibition Handbook, 1914*；F. Cajori, *A History of The Logarithmic Slide Rule, 1909*；and the *South Kensington Science Museum Catalogue, Mathematics I-Calculating Machines and Instruments.*）

研究人性或者说人的心理过程的心理学是最古老的学问之一。最早关于心理学的内容广包的论著是亚里士多德撰著的；不过甚至他的前人也已对这个学科给予相当的注意。在心理学的早期历史上，作为人类行为研究的一部分，这门学问同生物学和医学密切相关；也同思辨的哲学和神学密切相关，因为据说它同灵魂不死的问题有关。心理学从思辨哲学摆脱出来，比大多数科学都要晚得多；今天仍然有人把心理学看做哲学思辨的一个领域，而不是一门科学知识，尽管它最近已采用了一些实验和统计计算的方法。

霍布斯

近代第一个给心理学作相当全面论述的人是托马斯·霍布斯，他的生平和哲学将在最后一章里论述。他的心理学观点主要包含在他的《论人性》(Human Nature)(1650年)和《利维坦》(Leviathan)(1651年)这两本书之中。在前一著作中，他试图描述心理的和肉体的才能即“人的自然才能的总和”。至于人的心理能力，霍布斯采用内省方法。他毫不怀疑，通过“观察他自身”，他能够发现任何人在类似情况下所经验到的思想和感情。他区分了两大类即认识 and 动机。所谓认识能力，他是指形成表象、观念和概念的能力。这些过程或者说经验都对它们所涉及的外部客体有一定程度的独立性。霍布斯说，每个人都根据他自己的经验知道：“已经想象到的事物的不在或毁灭不会引起想象本身不在或毁灭。没有事物时，我们关于它们性质的这种意象和表象就是我们所称的我们关于它们的概念、想象、观念、注意或知识”(Human Nature, Chapter I)。最初，一切认识都是当某个外部客体或刺激作用于感官时经过感官而获得的。但是，所产生的感觉、表象或者概念并不在外部客体之中，而是在感觉主体之中。他写道：“颜色和表象所附存着的主体并不是看见的客体或事物。在我们以外(实在地)并没有我们称之为表象或颜色的东西。上述的表象或颜色只不过是(565)运动、激动或变动对我们的显现，而这种运动、激动或变动是客体在头脑或〔有活力的〕心灵或头部的某种内在实体中造成的。象在视觉中一样，在由其他感官产生的概念中，概念所附存着的主体也不是客体，而是感情”(同上, Chap.)。当然，所有这一切只不过是伽利略所复活的那种第二性的性质的观点。但是，它有助于说明象霍布斯这样一个唯物主义者为什么会研究起心理过程。不假定某种心理经验，就不可能接受把物质还原为它的第一性的性质即还原为仅仅是运动，而这正是霍布斯的唯物主义哲学的基础所在。为了证明对颜色等等的知觉的这种纯属主观或“幻觉”的性质，他援引了一些证据，例如：“反映在水或镜中的影象有颜色，而实际客体并不在水或镜之中；看到一个客体成双的经验；听到一个声音借助回响变成二重或三重声音的经验；对同一个事物的嗅觉和味觉，每一个人都不一样，因此它们并不在所嗅觉到或味觉到的事物，而在人之中；”如此等等。所有这些感觉性质都“仅仅是显现：实际存在于世界而未加运用的东西乃是〔在人的经验中〕引起这些表现的运动。”霍布斯关于感觉经验的阐述中，最值得注意的是，他强调了变化对于保持注意清醒的重要性，他说，这是“因为一个人总是感觉同一事物，还是什么也不感觉，两者几乎没有两样”(Elements of Philosophy, Chap.

, 5)。

因此，感觉是外部刺激或运动引起的。但是，当刺激撤去时，这些刺激的效应并不立即停歇。“虽然感觉已经过去，但表象或概念仍存留着；但当我们清醒时，它就比较模糊了。……而这种模糊的概念〔认识过程〕便是我们所称的幻觉或想象（同上，Chap. ）。感觉刺激的残留有时同实际感觉一样强，例如，“注视太阳之后在眼睛前存留的形象”，或者当各实际感觉刺激间的竞争已消失时。睡梦中出现的梦景。并且，人还有回忆的能力；而记忆以其模糊和不完全而同当前的感觉经验相区别。“远距离的观看和遥远的回忆对事物产生相似的概念：因为在这两种情形里都想区别开各个部分；一个概念由于距离的作用而变弱，而另一个概念由于淡忘而变弱”（同上）。在讨论到心灵中依次相继的概念或表象时，霍布斯(566)区分开有序的序列（他称之为推论）和纯粹因果的序列（他称之为“排列”）。概念的序列通常由这些概念乃是其残留的那些原始感觉经验的序列所决定。“例如，心灵从圣安德鲁到圣彼得，因为他们的名字是一起读的；由于同样原因，从圣彼得到石头；从石头到基础，因为我们是一起看到它们；也由于同样原因，从基础到教堂，从教堂到人，从人到混乱”（同上，Chap. ）。这种借助邻近性的联想是霍布斯所认识到的唯一的联想规律。一个经验的人记得哪些前件一直跟着哪些后件。而关于将来的一切期望和关于过去的一切解释都以这种经验或记忆为根据。“当一个人屡屡看到同样的前件跟着同样的后件，以致每当他看到这前件，他便又期待达后件；或者当他看到这后件，就说已有过同样的前件；那末，他便把这前件和这后件都称为彼此的标志，就象云是未来的雨的标志，而雨是过去的云的标志一样”（同上）。然而，这种标志仅仅是猜测性的，不能由此得出普遍结论。

科学知识不止是单纯的感性知觉及其记忆；它需要并非仅仅由原始经验中的邻近性所决定的观念序列。这种新的概念序列只有应用了符号才有可能。事实上，科学知识就是关于命题真实性的知识，来源于理解，而理解涉及运用语言。“〔科学〕知识的第一原理是，我们有这样那样的概念；第二是，我们如此这般地命名事物，而这些名字是这些事物的概念；第三是，我们把这些名字连接起来以构成真命题；第四也是最后的一个是，我们把这些命题连接起来，以使它们作出结论，而这结论的真实性是已知的”（同上，Chap. ）。因此，科学知识是一种语言的演算。这种“证明真理性”的能力是人的禀赋；野兽只能占有“事实经验”，它们的“精明”充其量是能够记住这经验。霍布斯关于人的认识能力的主要观点就是这样。我们接下来论述他对心灵的动机能力的阐释。

霍布斯所谓心灵的动机能力就是今天通常所说的意动。认识过程主要是外部刺激作用于感官，从而引起向头脑和在头脑中的运动所造成的结果；“动机”或意动过程包括从头脑向外通过心(567)脏的运动。这种外向运动促进或者阻碍心脏的生机运动。“当它促进时，它就叫做高兴、满意或快乐……；而当这种运动减弱或阻碍这生机运动时，那就叫做痛苦。……这种构成快乐或痛苦的运动也是一种诱惑或激发，使得或者接近于快乐的事物，或者离开不快乐的事物；这种诱惑是动物运动的努力或者说内部开端，而当对象引起快乐时，这努力称为欲望；当引起不快时，如果这不快是当前的，称为厌恶；而当这不快是预期中的时，则称为恐惧”（同上，Chap. ）。 “每个人都根据他自己而把引起快乐、他认为是快乐的东西称为善；把引起他不快的东西称

为恶：因此不仅每个人素质彼此不同，而且在善恶这种普通区别上也彼此不同”（同上）。“我们直接从感觉获得的一切概念都是高兴或痛苦，或者欲望或恐惧；同样，感觉之后的一切想象也都如此。而和想象比较弱一样，这种快乐或痛苦也比较弱”（同上）。因此，除了感官的快乐和痛苦（或感觉的快乐和痛苦）之外，还有心灵的快乐（或欢乐）和痛苦（或悲哀）。

欲望和厌恶是意志的初步形式。心灵的欢乐和悲哀、它的希望和恐惧则构成了意志发展的一个比较高级的阶段。“欲望、恐惧、希望和情感〔情绪〕的其余一切……都是意志”（同上，Chap. ）。行动遵循我们的意志，而我们的意志遵循我们的意见；因此，“世界受意见支配”（同上）。霍布斯强调引起人的行为的自我冲动，尤其强调人的“追求权力的永不停歇的权力欲，这种嗜欲要到人死亡才消失”（Leviathan, I, xi）。象很久以后的尼采一样，他所以强调这种“权力意志”，无疑也是他观察当时政治斗争的结果，而且这种强调更为 20 世纪的疯狂政治行为所证实。

笛卡尔

按照最后一章将加以阐释的笛卡尔的二元论哲学，心灵和肉体两者是截然不同的、独立的实体，彼此不可能发生直接影响。笛卡尔说，因此，心灵或理性的灵魂能够“独立于头脑地活动，因为头脑在纯粹思维中肯定是没有用的”（Meditations, Reply to Objections V, Haldane and Ross 译, Vol. II, P. 212）。心灵或灵魂拥有某些天赋观念，它们适用于但并不来源于外部客体。这些观念在意识中并不总是明显的。但是，它们至少作为隐伏的潜能存在于“思维实体”之中。总之，它们并不起源于经验，经验只是引起它们，即为它们的明显回忆提供机会。所有这些在一定程度上都同柏拉图的回忆说相一致。笛卡尔的天赋观念表包括上帝的观念、作为思维实体的自我的观念、数学公理以及空间、时间和运动等“普通概念”。作为能动实体（与被动的物质相比）的心灵的最大特征在于它在意志活动中表现自己，笛卡尔的意志这个术语不仅包括自愿的决定，而且还包括注意、回忆以及审慎的判断或思想。与心灵相对比，笛卡尔把动物甚至人的肉体看做仅仅是机器或者自动机，其过程完全可以用力学原理来解释。这种物质实体和思维实体的二元论未能完满解释某些经验，而这些经验似乎为人的肉体 and 灵魂间的密切关系提供了初步证据。因为如笛卡尔所说，“自然明显地告诉我的，无非是我有一个肉体，当我感到痛苦时，它就不舒服，当我感到饥渴时，它就需要吃或喝，如此等等；我决不能怀疑这里面有某种真理。自然通过这些痛苦、饥饿、口渴等等感觉还告诉我，我不仅在我的肉体之中，就象一个舵手在一条船上一样，而且我还和它非常紧密地联结在一起，和它完全混合在一起，因此我们似乎形成一个整体。因为如果不是如此，那末当我的肉体受伤时，我这个只是在思维的东西就不会感到痛苦，而只是凭理智察知这创伤，恰如舵手在他的船受损时的察知；当我的肉体需要喝或吃时，我就只是清楚地认识这个事实，而不凭饥渴的混杂感觉知道它。因为所有这些饥饿、口渴、痛苦等等感觉事实上都只不过是些混杂的思想方式，而它们是因心灵和肉体的联结和明显的混合而产生的”（Meditations, ）。

笛卡尔把凡是心灵显然不是完全自我能动而是受肉体影响的经验统称为“情感”，因为这里涉及心灵的一定程度的被动性。因此，他在心理学中的

兴趣主要是按照他的一般哲学来解释“情感”。这就是他在其《论情感》(Les Passions de l' Ame)中所试图做的工作,该书与霍布斯的《论人性》在同年出版(1650年)。在广义上,“情感”这个术语包括感觉、知觉、记忆、想象和一切偶然的观念以(569)及感情和情绪。但笛卡尔着重后面一些经验,而关于前面一些经验,他没有多说什么;因此,我们可以局限于主要介绍他对情绪经验的论述。

尽管显然抛弃了肉体—灵魂问题的航船—舵手解释,但笛卡尔仍然坚持灵魂束缚在肉体之中这种中世纪的观念;他费尽心机,地按照这种和他的二元论哲学相吻合的观点来解释“情感”。他克服困难的方法是在肉体 and 灵魂之间引入那古老的“活力精气”或“动物精气”这种媒介,后者的物质性据认为非常精细,使之足可与灵魂结下点头之交;他把灵魂放在位于头脑中央的松果腺之中,灵魂在那里接收来自肉体的信息,并能通过灵巧地引导动物精气从头脑沿神经到达肌肉而从那里在一定程度上控制内体的运动。动物精气据说由血液最精细的成分组成,“有如微风,或者更确切地有如非常纯粹而又非常鲜明的火焰”(Discourse on Method,V)。最后一章里我们还将论述这个问题。这里我们仅仅述及这个问题的心理学方面。

笛卡尔把狭义的“情感”定义为“灵魂的专门与此有关的感情或情绪,它们由精气的某种运动引起、维持和加强”(Passions, i, 27)。“专门与此有关”是指不包括同外部对象(例如气味,声音和颜色)或者同我们肉体(例如饥饿、口渴和痛苦)有关的感情;所谓“〔动物〕精气的某种运动”是指不包括灵魂本身所引起的欲望。然而,引起我们情感的对象所以能够如此,并不是由于它们本身怎样,而是由于它们对我们的意义。“引起感觉的客体所以激起我们不同的情感,并不是因为它们中存在种种差异,而只是因为它们以不同的方式损害或帮助我们,或者一般地对我们具有某种重要意义”(, 52)。有许多种不同的情感。但是基本的只有六种;其余都是这些基本情感的变种或者组合。这六种基本情感是惊奇、喜爱、憎恨、欲望、快乐和悲哀。“惊奇是灵魂的突然惊异,它使灵魂努(570)力注意地考虑灵魂感到稀奇古怪的客体”(, 70)。“喜爱是精神运动所引起的灵魂的一种情绪,它促使灵魂自愿地和灵魂感到合意的客体相结合。而憎恨也是精神引起的一种情绪,它促使灵魂想望脱离灵魂认为有害的客体”(, 79)。“快乐是灵魂的一种愉快的情绪,它构成灵魂在善中找到的欢乐,而头脑的印象把这种善向头脑描绘成属于头脑自己的”(, 91)。“悲哀是一种不愉快的消沉,构成灵魂从邪恶或瑕疵中感受到的不舒服和不安,而头脑的印象把这邪恶或瑕疵作为附属于头脑的东西放在头脑前面”(, 92)。这五种基本情感的作用是“促使灵魂同意采取和贡献于能够利于维护肉体或使肉体以某种方式更臻完善的活动”(, 137)。例如,悲哀是痛苦引起的,它警告我们有某种有害于肉体的东西,而快乐标志着使我们愉快的那个事物是有益的。笛卡尔指出,还有纯粹理智形式的喜爱、憎恨、快乐和悲哀,它们不是情感,因为它们都完全发源于灵魂;但是他又说,只要灵魂同肉体相联结,理智情绪一般就总是伴随有相应的情感。然而,按照笛卡尔的意见,借助理智情绪,理性能够驾驭情感。

至于次级的或者说导出的情感,笛卡尔把单纯的感情、友好和热爱说成是三种喜爱,视我们认为一个客体不如、相近于还是胜于我们自己而定。希望是对达致所欲求的善的信心;恐惧是对所欲求的结果缺乏自信。信心是希

望的最高形式；绝望是极端的恐惧。勇敢是这样的希望，它引致我们尽很大努力以在重重困难之下达致某个欲求的目标。“轻蔑是一种和憎恨交并的欢乐，它发端于我们在某人身上觉察到某种轻度邪恶，而我们又认为他确有此恶”（ ，178）。妒忌“是一种和憎恨交并的悲哀，它发端于我们看到有人良善降身，而我们又认为他们不配享受这善”（ ，182）。“怜悯是一种和对人的钟爱或善意交并的悲哀，我们看到这些人蒙受了某种邪恶，而我们又认为他们不应如此”（ ，185）。如此等等。

在笛卡尔对情感的冗长论述中，最引人注目的也许是，他不仅在各种情绪的身体表现的描述上，而且甚至在他认为同这些表现相联系的血液流动和“动物精气”的各种运动的描述上，都遇到了很大的麻烦。笛卡尔极其强调情感所涉及的身体因素，因此可以认为笛卡尔在一定程度上开了詹姆斯—朗格的情绪理论的先河。可(571)是，人们不知道他吃力地沉迷于这种纯粹的猜测是出于什么动机。不过，他的主要动机还是不难揣测的。主要是因为他决心尽可能地把肉体 and 灵魂分别开来，所以为了解释肉体 and 灵魂间的明显的密切关系或者说把它辩解过去，他不得不诉诸“动物精气”这种高度猜测性的图式等等。这种极端的二元论可能是试图维护人的心灵或灵魂的至高无上的地位，以反对当时把人和低等动物的差别减至最小的倾向。比较解剖学的成果助长了这种倾向，因为它表明，人和低等动物的肉体有惊人的相似之处。笛卡尔试图把一切低等动物甚至人体都看做仅仅是自动机，由此来挽救人的威望。因此，看来低等动物和同人共有的一切经验都必须用力学方法来解释。不过，笛卡尔宣称理性的灵魂为人所独有，而且它完全独立于肉体，因而他认为，人在宇宙中居于特优地位这个传统可得到拯救。

斯宾诺莎

如我们所已看到的，笛卡尔对情感的阐释与其说是心理学的，还不如说是生理学的，而这种生理学基本上属于传统的（盖仑的）思辨的类型。这是他的极端二元论哲学的结果。斯宾诺莎的哲学使他得以采取一种与此很不相同的心理学态度。斯宾诺莎的哲学将在最后一章概述。这里只要指出这样一点就够了：在斯宾诺莎看来，肉体 and 灵魂不是两个彼此没有直接关系而需要各种中介和根本上超自然的干预的迥异的实体；它们倒是同一个实在的两个部分、方面或者表现。身体过程和心理过程是同一个活有机体的两种并存的表现，它们之间不需要外界的中介。因此，肉体活动和心理活动可以分别加以描述，即离开心理的身体和离开身体的心理，而同时假定这两种过程各在对方之中有其对应者。其结果是，斯宾诺莎有了一种心理学，而笛卡尔只有一种生理心理学。而尽管甚至在斯宾诺莎看来情感也是心理—生理性质的，但它们仍未被看做是肉体 and 灵魂相互作用的产物，而看做是这共同有机体的表现。

作为心理—生理整体的人类机体由一种自我保护的倾向（自(572)然倾向）来表征。这种倾向，他也称之为“食欲”，它可能是有意识的，也可能是下意识的。当它是有意识时，称之为“欲望”。（当对这自然倾向的主动性有明显的意识时，它的纯粹心理方面即为通常所称的“意志”。）当这种自我保护的自然倾向所引起的欲望得遂时，我们感到快乐，否则便感到痛苦。人性的真谛不仅是坚持其现状，而且还竭力追求更完满的生存。在这种努力中，

快乐是感受到生命力增加的有意识经验，而痛苦则是感受到生命力衰退的有意识经验。凡是据认为促进自我保护和更完满的生存的东西都应当追求，因而称之为“善”；凡是据认为有相反倾向的东西都应当回避，因而称之为“恶”；（Ethics, , ix, Schol.）。在斯宾诺莎看来，欲望、快乐和痛苦都是基本感情。比较复杂的情绪的产生，部分地是由于恰当的或不恰当的观念在一定程度上和这些基本感情相结合，部分地是由于这些经验在一定程度上是个人自己活动的、区别于外部影响的结果。刚才提到的两个因素即观念的恰当性和心灵的自主活动在斯宾诺莎的心理学中密切相关，象将从下面对他关于认识过程的阐释的考查可以看到的那样。

按照斯宾诺莎的意见，心灵本质上就是思维即最广义的认识。作为心灵之最大特征的活动是知识的活动。斯宾诺莎把认识活动分为三大等级。感性知觉和想象属于最低等，是“模糊的经验”。在这个阶段，客体和事件相当孤立地或者仅仅从空间和时间的偶然关系中来了解。这种认识因人而异，视他们的身体状况和环境而定。它易于发生错误，充其量是不充分的。在这个阶段所仅能产生的一种共相是诸如“人”或“马”那样的一般表象或观念，它们是通过限制其形成比一定数目更多的表象的能力而产生的。因此，可以打个譬喻说，它们都跑到了一起，并且用普通名词来表示。在下一个较高级的阶段即“理性”阶段，个人观察上的误差都已消除，事物和事件都了解为服从普遍规律，这些规律决定了它们间那些不同于它们在空间和时间中的偶然关系的必然的相互关系。这种知识具有真正的普遍性；它从实在的本质的、普遍的关系中了解实(573)在；它是一切理性心灵所共同的；它用“关于事物性质的恰当观念”来表征（Ethics, , xl, Schol.2），因此客体和事件了解为构成一个有秩序的世界，而不只是偶然的堆集。在这“理性”阶段，心灵远比“模糊经验”的阶段主动，后者明显地服从心灵外部的刺激，或多或少被动地受这些刺激影响。第三也是最高级的认识，斯宾诺莎称之为“直觉知识”。它是把整个宇宙了解为一个统一体或系统，它决定了其一切部分统统服从存在于其中的普遍规律。它正是一种总观的世界观的哲学理想。在这个阶段，实在被了解为存在于其中的无限的统一体或系统。“因为，虽然每个个别事物由另一个以某种方式存在的个别事物所决定，但是每个事物用以坚持其存在的力量却来自上帝本性的永恒必然性”（Ethics, , xlv, Schol.）。与较低级的认识不同，这种知识不再承受有限的限制。在这种知识中，人进行其最高级的理智活动，获得最恰当的观念。

于是，按照斯宾诺莎的意见，感情和情绪是同相伴的认识或思维不可分离的，因为“心灵的本质由恰当的和恰当的观念所组成”（Ethics, , ix）；情绪是“身体的感触，而这些感触增加或减少，助长或阻碍身体的活动力量以及这些感触的观念”（, Def.3）。当一种情绪伴随有一种不恰当的认识，而心灵在这认识中受外部刺激影响而不是自我活动时，这情绪就是一种“情感”；但当心灵是这情绪的恰当原因时，即当这情绪伴随恰当的观念时，那么我们便感受到一种“主动的情绪”而不是“情感”。只要人主要受外部因素影响，那末就象在不恰当观念、感觉和想象的“模糊经验”阶段所发生的情形，他就被情感奴役；通过养成更高级阶段的知识、恰当的“理性”和“直觉”的观念，心灵发展它自己的活动力量，变得自由，感受到那结果产生的主动情绪所带来的欢乐和福份。“我把人在支配和克制感情上的软弱无力称为奴役。因为一个人受感情所控制，它便不能主宰自己，而受命运主宰。而

在命运的支配之下，他往往被迫去趋附邪恶，尽管他明知善良何在”（ ， Preface）。但是，“每个人都拥有，如果不是完全地拥有，那也至少是部分地拥有这样的力量：清楚而又确定无误地了解他自己和他的情绪，使他不至于受情绪支配”（ ，iv, Schol. ）。 “一种成为一种情感的情绪，一旦我们(574)对它形成一个清晰而又明确的观念，这就是说，一旦我们恰当地从这情感同实在其余部分的因果关系来看待它，即从宇宙的观点而不是个人的观点来看待它时，这情绪就不再是情感（ ， iii）。当人的心灵在获得恰当的知识时完全主动的时候，他就达到了自由，因为“当一个人按照理性的指导生活时，他的行动便完全摆脱了他自己本性的规律”（ ， xxxv, Corol. i）；斯宾诺莎所理解的自由或自由意志乃是自我决定。

斯宾诺莎的自由意志概念有独到之处，值得一提。按照那种今天仍广为流行的旧观点，自由意志同任何必然性都相对立。这种观点认为，自由意志是指在外境况不加妨碍的情况下，在任何时候与个性无关地做任何行动（或者不做）的能力。按照斯宾诺莎的意见，自由意志或自由的对立面不是必然性或决定，而是外部的强制。在没有外部强制的情况下，这人最为自由，他的行为自我决定，即由他自己的个性所使然；他凭冲动或一时的任性而行动时，最不自由。并且，在斯宾诺莎看来，认识和意志两者极其密切地交织在一起。认识尤其是较高级的知识（区别于“模糊经验”的含混观念）本质上是主动的；意志本质上是理智的。观念尤其是恰当的观念是心灵的自发活动所产生的；意志是以思维为前提，后者正是人的意志区别于单纯动物冲动的地方。在斯宾诺莎那里，“知识就是力量”这句格言有着比在培根那里远为深刻的意义。

按照刚才概述的学说，斯宾诺莎把全部情绪说成乃由欲望、愉快或痛苦和对同它们有关的现存的或回忆的对象的不恰当的或恰当的观念等所复合而成。例如，喜爱是“愉快〔或快乐〕伴随以关于外部原因的观念”；憎恨是“痛苦伴随以关于外部原因的观念”（Eth-ics, ， xiii, Schol. ）。通过观念的联想，本身与我们并无关系的对象可以引起我们的喜爱或憎恨。类似的情绪也可以由别种移情产生。“一个在想象他所喜爱的东西的人产生快乐或悲哀，那他也将感到快乐或悲哀”（ ， xxi）。同样，“如果我们想象一个人对我们喜爱的一个东西感到快乐，那末我们将感到喜爱他”；反之亦然（ ， xxii）。骄傲是“一个人过分考虑他自己而产生的快乐”；这“是一种谗妄，因为他睁着眼睛梦想：凡是想象他能做的，他都能做到”（575）（ ， xxiv）。只要觉得或想象其他人象我们，就可能使我们对他们的快乐或悲哀产生一种同情（ ， xxvii）。自爱是沉思我们力量而引起的快乐；谦卑是关于我们自己软弱的观念所伴随的悲哀”（ ， IV）。有许多情感仅仅按照引起它们的对象的种类相区分——例如情欲、酒醉、淫欲、贪婪和野心。它们都没有与之相反的情感，因为节欲、庄重和贞洁等都不是情感，而仅仅表示心灵抑制上述情感的力量（ ， lvi）。斯宾诺莎描述了许多别种情感，但他并不自称已把它们穷尽，因为“可能产生非常多的变种，所以不能给它们的数目定一个限度”（ ， lix, Schol. ）。至于恰当观念所伴随的“主动情绪”，以上所述已经足够。“主动情绪”在“上帝的理智之爱”中达致顶点，后者即最高心理活动所产生的快乐和福份，斯宾诺莎称这种活动为对宇宙体系的“直觉知识”、关于我们在其中地位的一种“恰当观念”。

现在公认是莫泽斯·门德尔松在十八世纪首先把心理过程三分为认识、

情感和意志。但是，如果不说在笛卡尔的著作中已经有，那在斯宾诺莎的著述中显然也已有了对这三种心理功能的认识了。就此而言重要的是，尽管门德尔松不同意斯宾诺莎的泛神论哲学，但他还是细心研究了斯宾诺莎的著作。

洛克

象本章考查的其他几位心理学家一样，洛克的主要兴趣也不是心理学问题而是哲学问题。最后一章将要说明，他主要致力于弄清楚人类知识的本质和界限。不过，他研究认识论问题的方法在很大程度上是心理学的。他试图编制一份显然是最简单的观念亦即人类认识的元素的清单，他把复杂观念分解为比较简单的观念。因此，他的《人类理智论》(Essay Concerning Human Understanding)(1690年)附带也包括很多心理学。

象玻义耳、牛顿和西德纳姆一样，洛克也不喜欢哲学思辨侵入科学。他认为一般理论是“当代的灾祸，它对生活的危害不下于对科学的危害。”他情愿尽可能密切地同感觉经验保持接近。他尤其(576)反对据称独立于经验、无可非难的“天赋观念”；象斯宾诺莎一样，他拒斥流行的用意志的作用对意志行动作解释。因此，洛克的心理学总的说来倾向经验主义。然而，在揭露诸如“内体”、“灵魂”、“原因”、“无限”等等观念缺乏严格的经验基础的过程中，他还是指明存在心理活动。洛克可能很怀疑这些心理活动有什么认识价值，但他承认它们是心理学事实。

作者这样指出《人类理智论》的心理学方面：“我将探索一个人所注意到并且自己意识到他在心灵中所具有的那些观念、概念或者随便你叫它们什么的东西的起源；以及理智获得它们的方式”(Book I, Chap. I, § 3)。他首先取消“天赋观念”。他很容易地就做到了这一点，即假定它们是从一开始就明显地存在于意识之中的观念。洛克毫无困难地就表明了，不存在这种天赋观念。然后他陈述了他的主要论点。那末，我们就假定心灵象我们所说的那样是白纸，上面没有任何记号，没有任何观念。心灵是怎样得到观念的呢？它是从哪里获得由人的忙碌而不受约束的幻想几乎无限多样地描绘在它上面的那许多东西的呢？它是从哪里得到理性和知识的生部材料的呢？我用一句话回答这问题：来自经验。我们的全部知识都建立在经验之上，归根结蒂都导源于经验。我们对外部可感觉到的事物的观察或者对我们自己知觉到、反省到的我们心灵的内部活动的观察，就是供给我们的理智以全部思维材料的东西。这两者乃是知识的源泉，从那里涌出我们所具有的或者能够自然地具有的全部观念”(Book I, Chap. I, § 2)。刚才指出的观念或认识的两个源泉或者来源中，感觉提供给我们以诸如“黄、白、热、冷、软、硬、苦、甜”等可感觉到的性质的观念，而这些性质都是外部刺激的结果；但洛克拒绝讨论这里涉及的心理—物理问题。“我现在不投身于心灵的物理考虑，即不费心考查心灵的本质何在，或者考查我们是通过我们的〔动物〕精神的哪些运动或者我们肉体的哪些改变而得到我们感官的感觉或者我们理智的观念的”(Book I, Chap. I, § 2)。观念的另一个来源是反省，即“对我们自己的心灵运用于所得到的观念时在我们内部进行的种种活动的知觉；在这些活动被灵魂反省和考察时，就提供给理智以另外一套观念，这套观念是不能从外部事物取得的。这就是知觉、思维、怀疑、相(577)信、推理、知

识、意志和我们自己心灵的一切活动；我们意识到这些活动，在自己心灵中观察到它们，于是从这些活动接受一些清晰的观念到我们理智里面来，它们和我们从影响我们感官的物体取得的观念一样清晰”（Book II, Chap. I, § 3, 4）。按照洛克的意见，“虽然由于反省和外部客体毫无关系，所以它不是感觉，但它很象感觉，因此完全可以恰当地称之为“内部感觉”（Book II, Chap. I, § 4）。洛克没有充分看到“反省”这个术语的创新性。因此，他可能把“内部感觉”作为也可选用的名称。感觉观念之流首先产生；因此“内部感觉”只能随之继起，事实上它们必定多少正是这样——“因为我们周围的物体以形形色色的方式作用于我们的感官，所以心灵不得不接收这些印象，不可能（用任何意志行动）避免知觉依附于这些印象的观念”（Book II, Chap. I, § 25）。按照洛克的经验观点，外部感觉这样便获得了某种对于“内部感觉”的第一性。

感觉观念和反省观念都按照它们能否分解成简单观念而各区分为复杂和简单两种。触碰、温度、滋味、气味、声音和视看这几种感觉都是简单的感觉观念。甚至当它们乃由同一客体引起时，它们也是“完全清晰的”观念。对应于心灵中的观念，客体中有一定的性质或能力，洛克还作了第一性的性质和第二性的性质这种通常的区别。坚实性、广延、形相、运动或静止和数目都是第一性的性质，它们都实际存在于物体之中，“不管是否有谁的感官知觉到它们”（Book II, Chap. I, § 17）。颜色、声音、滋味、气味等等都是第二性的性质，“它们之在物体之中并不比疾病或痛苦之在人体之中更加实在”——它们是物体具有的某些“能力”的效果，这些效果“使我们产生各种感觉，并依赖于那些第一性的性质”（§ 14）。这方面值得提到的是洛克关于热和冷是第二性的性质的实验证据。他写道：“同样的水在同一时候可以通过一只手产生冷的观念，通过另一只手则产生热的观念：而如果这些观念真的实际存在于其中，那末就不可能同样的水在同一时候既是热的又是冷的”（§ 21）。简单的反省观念是知觉、记忆、辨别、比较、复合、抽象和意志。最后，有一些简单观念是通过感觉和反省两种途径进入心灵的。它们是快乐、痛苦、力量、存在、统一和接续。洛克关于简单观念即“我们(578)全部知识的材料”的储存的见解，简单说来是这样的。“理智一旦储备了这些简单观念，它就能够重复它们，把它们加以比较，甚至以几乎无限多样的方式把它们联结起来，因而能够任意制造新的复杂观念。但是，就是最了不起的才智或最发达的理智无论凭怎样敏捷而又丰富的思想，也不能在心灵中创造或构成一个不由上述途径得来的新的简单观念；理智的任何力量也不能毁灭那些既存的简单观念”（Book II, Chap. I, § 2）。

在谈到复杂观念时，洛克指出这种观念只有三种。“然而，尽管复杂观念是复合或者再复合的，尽管它们的数目是无限的，尽管它们盘踞在人的思想中时方式无限多样；但我认为它们全都可以归结为这样三类：（1）样态；（2）实体；（3）关系”（Book II, Chap. I, § 3）。（1）“有些复杂观念尽管是复合的，但并不包含它们独立存在的假定，而是被看成实体的附属物或属性，我把这种观念称为样态——例如‘三角形、感激，谋害’等等语词所表示的观念便是。”（2）“实体的观念是简单观念的某种组合，这种组合用以表示独立存在的各别的特殊事物。”（3）关系“在于考虑和比较观念”（§ § 4—6）。洛克没有说明为什么他认为这三类复杂观念已穷尽一切。但是他满有把握地断定：“即使是最深奥的观念，不管它们看来离开感觉或者我们自

己心灵的任何活动是多么遥远，它们也还只是理智的构造物”，是理智用它储备的简单观念以这些方式之某一种来构造的（§8）。作为洛克对待深奥复杂观念的例子，我们可以举出他对无限和实体这两个观念的说明。洛克认为，无限是一种数量的样态，它主要属于距离、持续时间和数这类事物所有，它们都具有部分。都能够通过相加而增加。心灵这样地获得这个观念。“凡是抱有任何一定的距离长度例如1英尺的观念的人，都会发现，他能重复这个观念……而他的加法永无尽头。……由于通过进一步相加来扩充他的距离观念的能力保持不变，因此他便获得了无限距离的观念。”至于无限持续时间和无限数，情形亦复如此。就这个观念包含确实的东西而言，它实际上乃基于有限的东西，导源于我们关于有限距离、时间和数的经验。实际上，没有人会具有关于无限距离等等的确实观念。这个观念至少部分地是不确实的，并参照给每个有限结果进一步相加这个不断的过程。无限观念的这种不确实性未得到正确的评价，而洛克认为这个性质乃是造成使关于这个(579)问题的那么多讨论都毫无结果的那种错综复杂和矛盾状况的原因（Book II, Chap. XVII）。洛克把实体观念追溯到这样的事实：我们通常都注意到一定数目的简单观念总是一起出现。因此，它们被认为结合在一个主体中，于是人们就用一个名称来称呼它们。这个习惯导致我们把其实是“许多观念的复合体”误以为是一个简单观念；“由于没有想象这些简单观念如何能够独立存在，因而我们惯于假定某个基质，作为它们的寄托，作为它们产生的原因，因此我们也就称这基质为‘实体’。”不过，洛克继续写道：“如果问一个人，‘颜色或重量所寄寓的主体是什么呢？’那他就只能说：‘是一些坚实的、有广延的部分’。而如果问他，‘这坚实性和广延又寄寓在什么东西里面呢？’那他的情况就不会比那个印度人好多少……后者说，世界由一只大象支撑着；问他大象在什么东西上面，他答道：‘一只大乌龟’；当再追问他什么东西支撑着这只阔背乌龟时，他就回答说：‘某种他不知道是什么的东西’”（Book II, Chap. XXIII. § 1, 2）。

现在很清趁，尽管洛克坚持认为心灵在理解简单观念时基本上是被动的，但当他认为心灵具有用简单观念形成复杂观念的能力，甚至具有把它自己的一些混淆也相加起来的能力时，他抛弃了 *tabula rasa*〔白板〕的概念。不过，如在最后一章里将更加完备地解释的那样，洛克的主要问题是限制思辨可行的范围，以及深奥但含糊的观念的运用。从这种观点出发，心灵主动地干预某些复杂观念的构造这个事实，在洛克看来是不利于这些观念的。

莱布尼兹

莱布尼兹的心理学观点也是他的哲学的组成部分，尽管这些观点在一定程度上是他有意反对洛克的《人类理智论》而形成的。对这部书，莱布尼兹精心撰写了一本评论著作，题为《人类理智新论》（*New Essays Concerning the Human Understanding*, A.G. Langley 英译，1894）。他的哲学理论将在最后一章论述。对于我们现在的目的来说，只要指出这样一点就够了：在莱布尼兹看来，实在乃由单子即动态单体所组成。概括他说，从心理学观点来看，有三种单子。最高的单子是自我意识的精神或者理性的灵魂或者智能。(580) 其次是意识的（而不是自我意识的）灵魂；像低等动物的灵魂。最后是无意识的或下意识的单子，如构成所谓物质的那些单子。较高级的单子既具有较

低级单子的能力，又具有其自己独特的能力。甚至最低级的单子也有某种知觉，因为单子没有知觉便不能存在。但是，动物和人例如在睡眠状态中或昏厥状态中也都经验到这种无意识的或下意识的知觉。相应于知觉有这三等，欲望或意动也有三等即单纯冲动、动物本能和自我意识的意志；较高级的单子能够经验到较低等形式的欲望以及它们自己独特类型的欲望。但是，一个单子所经历的一切变化都发端内部，而不是由于外部的原因。因为每个单子一旦创生以后，便是完全自足的、“没有窗子”、与其余一切都隔绝，除了“先定和谐”而外，后者造成相互影响的幻象。洛克以心灵是一张其上印象主要来自外部的白板这个假设作为出发点，但他也承认除了第一性的“外部感觉”之外，还有第二性的“内部感觉”。然而，莱布尼兹设想心灵或单子只有“内部感觉”，认为个别单子的全部心理生活乃从内部开展。根本没有什么东西从外部通过肉体感觉到达我们。事实上，肉体只是低级单子的社会，而所谓感觉只是混乱的知觉。洛克拒斥一切天赋观念，但莱布尼兹认为一切观念都是天赋的，仅从内部演化，即便它们中有一些需要假以时间来发展成为意识观念。因此，灵魂决不是一张 *tabula rasa*，而倒是从一开始就象一块大理石，它的纹路预先决定了它最后的雕刻形式。莱布尼兹把下意识的、混乱的知觉向清晰的、有意识的观念的升华称为“统觉”。

后来心理学史上对无意识或下意识的知觉的重视，在很大程度上要归因于莱布尼兹。他因把“连续性定律”应用于心理生活而得出了他的小知觉（无意识或下意识的知觉）学说。这导致他假设心灵或心理有无限多样的等级；一些引向歧途的物理类比或假设使他更相信自己的思维方式。他认为，正象海洋的咆哮声是一个个波浪所产生的声音的总和一样，所谓狂怒海洋的知觉也必定由许多分知觉组成，而我们对这些分知觉还没有单独的意识，因此它们是无意识的或下意识的知觉。然而，莱布尼兹以这种方式来处(581)理这个问题却树立了一个榜样，后来的心理学家们都仿效他而注意模糊因素可能对我们心灵状态产生的影响。

莱布尼兹的心理学着重强调笛卡尔对模糊观念和清晰明确观念的区分，但是，他也强调斯宾诺莎关于心灵的本质主动性的概念，以及对恰当观念和不恰当观念的区分。象斯宾诺莎（莱布尼兹研读过他的著作）一样，莱布尼兹也认为人类独有的知识乃是关于必然真理或规律的恰当观念。尤其给人深刻印象的是，他们两人关于人类心理的意动机能的观点很相似，如果不说相同的话。按照莱布尼兹的意见，情感来自混乱的知觉。自由在于顺应清晰的和明确的（或恰当的）理性观念。意志自由是从避免了外部强制的意义，而不是从完全不存在必然性的意义上而言的，因为一个理性的灵魂必定总是对于其意志具有一种充足的理会，因而这些意志由在灵魂看来是善的东西所决定。

（参见 G.S.Brett, *History of Psychology*, vol, H, 1921。）

前驱

社会现象的研究可以追溯到古代。苏格拉底、柏拉图和亚里士多德都对社会现象深感兴趣。事实上，象许多世纪以后的教皇一样，苏格拉底也认为“人类正经的研究对象是人”。古典作家和他们中世纪与近代的追随者主要对社会和政治的理想感兴趣；这些理想的讨论超出了科学的领域，因而也不在本书的范围之中。然而，他们也注意描述社会和国家。例如，据认为亚里士多德描述了多达一百五十八个国家，虽然只有他对雅典国家的描述留传到了今天。我们在里面看到了对雅典的历史、外交关系、政治体制、文化和宗教生活的叙说。那些可能已佚失的论著以同样方式描述了另一些国家。十六和十七世纪继续和发展了这些古代传统。一方面，它们按照柏拉图的《理想国》(Republic)和圣奥古斯丁的《上帝之城》(City of God)创造了乌托邦；另一方面，它们仿照亚里士多德对雅典作描述研究的方式，也描述了许多国家。在这些描述研究中，可以提到下面一些。1562年，弗兰西斯科·桑素维诺(1521—86)发表了他的《各王国和共和国的内阁和政府》(Del governo e amministrazione di diversi regni e repubbliche)，其中叙述了二十多个国家。1593年，乔万尼·博特罗(1540—1617)发表了他的《世界关系》(Le relazioni universali)，叙述了许多国家的地理、经济和宗教。1614年，皮埃尔·达维蒂(1573—1635)发表了一部类似的但更加雄心勃勃的题为《全世界的国家、帝国、王国、君主领地、采邑和公国》(Les Etats, Empires, Royaumes, Seigneuries, Duchez et Principautez du Monde)的著作。十七世纪初，埃尔策维尔出版社开始出版整套的《共和国》(Respublicae)丛书，到该世纪中叶已经出版了很多卷。

然而，十六和十七世纪并不仅仅沿袭旧的传统，而且还对社会现象的研究作出了自己的重要贡献。这两个世纪里已开始考虑自然环境对人类和社会的影响，开始研究经济问题，尤其是在社会研究中应用统计方桉。在所有这些领域内所做的工作，都相当零星(583)而又不成系统，所以很难见树木而又见森林。因此，给这两个世纪带来光荣的那些工作仍然只是个开端。

一、地理和气候的影响：博丹

人性在某种程度上受人们居住的国家的气候和其他自然特性影响这个思想，在十六世纪开始突出起来。持这种观点的作家主要是让·博丹(1520—96)。他的主要著作《论共和国》(De la Republique)(1577年)(英译本：Richard Knolles, The six bookes of a Commonweale, 1606)主要论述了政府的理想形式问题。然而，博丹认为，不同类型的人实际上需要不同形式的政府，不同民族间的差异在一定程度上是由于他们的自然环境不同。因此，他感到在解决他的主要问题之前，必须先研究这些环境上的差别及其影响。他关于地理和气候差别影响人的性格的观点主要见于他的著作第五卷第一章(英译本第545页及以后)。这些观点可扼述如下。

地球不同地区的动物随着地区差异而显著变化。同样，人由于他们居住国家的自然环境不同，性格和气质也发生很大差异。生活在一个给定地区东

部的人与那些生活在该地区西部的人就不同即使这两个地方的气候基本相同。在纬度和离赤道距离相同的地区，北部的人不同于南部。并且，在气候相同、纬度和经度也相同的地区，住在山上的人与居住在平原上的人也不同。位于山上的城市居民比平地的城市居民更容易发生革命和暴乱。例如有七座小山的罗马城总是隔不了多长时间就发生某种革命。博丹甚至把古雅典国家的三个不同政治派别与它的三个不同地理区域相联系，认为这些区域的地理条件的不同，使它们的居民形成不同的性格。例如，居住在雅典高地的人是民主派，想望有一个平民的国家；那些居住在该城邦地势低的地方的人赞成寡头独裁的国家或政府；而那些居住在海港比雷埃夫斯周围的人支持一种贵族政府(584)或贵族和平民的混合政府。博丹认为，雅典公民这些性格和气质上的差异不可能是由于种族的不同而造成，因为雅典人自己坚认他们原先全都出身雅典这个地方。博丹认为，类似的差异也可以在瑞士看到。虽然他们属于同一种族，都来自瑞典，然而山地各州人凶悍好战，却又民主，而其他州的人则比较温和，由一个贵族政府治理。

博丹接着把赤道和北极之间的地域划分成三个区域，每个区域占纬度 30°。他比较了居住在这三个区域的种族。生活在最北端即北极和纬度 75°之间的人，瘦小而不畏寒冷。那些生活在纬度 70°到 75°之间的人未受到酷寒之苦；事实上，外部的寒冷如果不是达到极端，那还会使他们得以保护自己的内热，从而赋予他们一定程度的活力和体力。另一方面，非洲的居民内热甚少，因为外界的太阳热把他们弄得精疲力竭，因此他们的体力不如北方人。当从北向南或者从南向北移民时，气候的影响特别显著。那些从南方来到北方的军队，越向前进，精力越是充沛，体魄越是强壮；相反，那些从北方出发而逐渐向南方进发的军队，便日益萎顿和衰弱。

然而，南方人由于气候炎热而造成的体力上的损失，却在机智和精明上得到弥补。南北区域之间的中间区域的民族兼有北方民族的体魄，又有南方民族的才智。而且这些中间区域的民族比北方民族更有才智，比南方民族更强健，因而他们创建了伟大而卓有成就的帝国，他们凭借自己的中庸而励精图治。

正象北方气候哺育的体魄促使这个区域的民族饶勇善战一样，南方气候孕育的才智使南部民族造就和发展了哲学、数学和其他科学的研究、法律和政治的研究以及“能言善辩的魅力”。博丹(585)认为北方民族丝毫不温文尔雅。在这方面，他只是说，“北方人现在是而且一直是酗酒的酒徒”；但是博丹非常通情达理，他缓和地补充说：“这不是这些人的，而是这个区域的过错。”

博丹接着把地理和气候的差异同气质的差异联系起来。为此，他遵循传统的希波克拉底的气质分类法，即分为多血质、胆汁质、忧郁质和粘液质四种。始自希波克拉底时代的医学传统把这种分类同四种“体液”即液汁：血、黄胆汁、黑胆汁和粘液之一在人体中占优势联系起来。这种古代的伪生理学的“体液”和气质的理论自然象把别人一样，也把博丹引入歧路，使他错误地把黑肤色与忧郁质，黄肤色与胆汁质，红肤色与多血质联系起来。因此，他说生活在靠近极地的民族是粘液质，生活在南方的民族是忧郁质，生活在北极南面 30°的民族倾向多血质，生活在更靠近中部的倾向多血质和胆汁质，生活在更靠近南方的倾向多血质和忧郁质，所以他们的肤色比较黑比较黄，“黑是忧郁质的肤色，黄是胆汁质的肤色”。北方民族的这种粘液质气质

使他们变得野蛮残暴，南方民族的忧郁质使他们耽于报复；但是生活在南北方之间中间区域的民族既憎恶前者的残暴又憎恶后者的报复性。博丹还发现这些气质差异的又一个结果是北方民族由于粘液质的性格而比较贞洁或节欲，而南方民族的热情或贪欲则是由于他们“海绵般的忧郁质”所使然。

在结束对北方和南方民族的推测性对比之前，博丹还考虑了宗教的起源。如果我们记得他的观点是南方民族才智较高，他们创造和发展了哲学和科学以及一切生活的艺术和优美，那末我们自然预料博丹也认为他们创始了宗教。因此，正如下面一段引文所述，他们思想离奇古怪，穿着都铎王朝时代英国人的奇装异服，怪模怪样。

“一切宗教都以某种方式起源于南方民族，再从那里流传到全球：不是上帝选择地方和人，也不是他不许圣光普照一切人；而是正如太阳在清澈和平静的水中比在搅动的和污秽的水中更容易看见一样，我认为这天光在纯洁心灵上比那些为卑鄙的和世俗的(586)感情所玷污的心灵上，照耀得更为光彩夺目。倘若果真这样，那么灵魂只有用上帝的天光，用完美的主体的默祷的力量才能真正变得纯洁；无疑，他们将最快达到灵魂升天的境界；我们看到的这种情形发生在忧郁质的人身上。”

在考查了他认为按照居住在北方、南方还是中间区域而把民族区分开的那些差异之后，博丹接着考虑了那些按照居住在东方还是西方来区别民族的差异。他承认困难在于给东西方划出界线，但这未阻止他指出居住在东方和居住在西方的民族各有其独特的性状。东方民族比西方民族身材高大，皮肤白皙。博丹把这些差别归因于“空气和东风的天然美”。至于性格，东方民族不象西方民族那样好战，而更加温文尔雅、谦恭、机智。

就对人性的影响来说，博丹从自然环境的全部差别中挑出山峦和峡谷这个差异作为最重要的差别。在某种程度上，这个差异同南北方的差异一样重要。总的说来，山地无论坐落在什么地方，都酷似北方国家，因为如博丹所表明的那样，山地“常常比那些远北地区要寒冷”。至于峡谷，它们对民族的影响则因它们朝北还是朝南而有很大差异，即使它们气候、纬度和经度都相同也罢。他认为，这只要研究从西向东延伸的一片山脉的山麓处的峡谷就可以明白。他援引了亚平宁山脉、奥弗涅山脉和比利牛斯山脉的峡谷作为例子。他认为这些差异是造成托斯卡尼人和伦巴第人、阿拉贡人和巴伦西亚人性状不同于加斯科涅和郎格多克人的原因。生活在山地和生活在平原的人之间还存在着另一种差异。山区贫瘠的土地迫使人们辛勤劳动，变得稳健而又机智。而生活在富庶峡谷的人“由于土壤肥沃而变得又软弱又懒散。”

(587)上面已经提到过博丹相信风对人类有影响。他坚持认为，盛行风种类的差异将使民族变得不同，即使他们生活在纬度和气候相同的地方。生活在遭受狂风吹袭的地方的民族，举止不如生活在“空气平静温和”的地方的民族那样从容和庄重。

最后，博丹还考虑了沿海、喧闹的城市或交通枢纽生活如何影响人的性状的问题。他的观点是，生活在这些地方的人通常比那些生活在远离海洋和交通的地方的人敏锐、老练和见识广。

博丹关于地理和气候条件对人性影响的推测大致上就是这样。我们会注意到，他划分的人性和地理与气候差异的类型同这些极端复杂的现象相比，实在太少而又太简单了。因此，他的结论很带推测性，科学价值甚少。然而，应当记得，即使现在，对这些问题在经过许多代人广泛而详尽的研究之后，我们仍然还要走过很长的路程，才能得到真正令人满意的解答。而且，与当代德国以其作为它的新 Kultur〔文化〕之基础的歇斯底里的人种学相比较，博丹的观点便显得是严肃的并且几乎是科学的。

二、政治算术

统计方法引进社会现象的研究是十七世纪中一件头等重要的大事，并在以后的几世纪中证明是卓有成效的。“统计学”这个术语当时还没有发明；当它在十八世纪被引入时，起初还用来指称本章开头一段所提到的那种对国家的描述性研究。但是，现在所称的统计学在十七世纪确实存在，并被威廉·配第命名为“政治算术”。配第是这门学问的三个主要先驱者之一，另外两个是约翰·格劳恩特和格雷戈里·金。缺乏充分的人口调查统计数字使得人口统计学家很难工作；看看这些早期的先驱者怎样试图利用种种机智的手段得出可靠的统计结果，是饶有趣味的。

格劳恩特 (588)

约翰·格劳恩特（1620—74）是伦敦的一个缝纫用品商，他在其《自然和政治的观察，在下面的索引中提述，根据死亡率表作出》(Natural and Political Observations, mentioned in following Index, and made upon the Bills of Mortality) (1662年；第五版，增加进一步的观察，1676年)一书中，做了很有价值的先驱工作。格劳恩特的书所根据的死亡率表原来是伦敦几个教区的埋葬人数的每周和每年的统计表。作这种统计表的做法似乎是在某次瘟疫时期（这时它们特别引起兴趣）出现的，并可追溯到十六世纪初。死亡率表似乎从1563年起便定期编制，如果实际上并没有公布的话。但是，它们提供的情况却逐渐地比较公开了。死亡率表总是列出由于瘟疫而死亡的人数，而从十七世纪初起，已尝试按若干种原因对所有死亡分类，男子和女子的埋葬也已区别开，但死亡年龄未列出。洗礼仪式次数表中也计算人数。在格劳恩特时代，这些表包括大约一百三十个教区，每星期二发布，费用是每年4先令。每次死亡的原因由每个教区委任的“两个正直谨慎的主妇”确定，她们宣誓承担的职责是根据教堂司事的死亡通知去“验尸”，并向教区执事报告是否是瘟疫致死以及一般地报告死亡原因。格劳恩特在他的书中表示怀疑那些“或许无知而且粗心大意的验尸者”所作出的报告的准确性，尤其是因不清楚的和不得体的疾病而死亡的情形。被看作是死亡率指数的埋葬记录还受(589)到下述因素的影响：它们不考虑占人口5%左右的罗马天主教徒和新教教徒，他们都不按英国国教的仪式埋葬；这些记录还不包括死在伦敦但葬在乡下的人。同样，由于这个时期对婴儿洗礼的合法性或必要性还有怀疑，因此出生率也大大超过相应的洗礼仪式的次数。

图 305—死亡率表 (1)

(590) 图 306—死亡率表 (2)

(591) 图 307—死亡率表 (3)

格劳恩特的书一开始（在致罗伯茨勋爵和罗伯特·莫里爵士的献词之后）先叙述这些死亡率表、它们的历史（就他所能追述的）和它们的逐渐增加的范围（包括了愈益增多的教区、提供了更多的资料）(Chapter I)。他

例举了圣诞节前的那个星期四所作出的年度摘要。在这份 1623 年 12 月 18 日到 1624 年 12 月 16 日的年度总表中，各教区被归并在一起如下：

本年伦敦城内九十七个教区的埋葬人数.....3, 386
 其中死于瘟疫的人数.....1
 本年在特区内而不在城内的伦敦的十六个教区和传染病医院的埋葬人数.....5, 924
 其中死于瘟疫的人数.....5

图 308—死亡率表 (4)

等等，剩下的教区都归类为“在米德尔塞克斯和萨里的非特区”和“毗邻伦敦的无特权的九个外围教区”。洗礼仪式的次数同样也记下。在 1624—25 年的总表中，每个教区一一列出，载明埋葬人数以及多少人死于瘟疫：

(594) 伦敦	埋葬	瘟疫
伍德街的阿尔巴年斯	188	78
阿尔哈罗斯, 巴尔金	397	263
阿尔哈罗斯, 布雷德街	34	14
大阿尔哈罗斯	442	302
阿尔哈罗斯, 霍尼路	18	8
小阿尔哈罗斯	259	205

等等，这个表包括了城里城外的 122 个教区，除了传染病医院而外。埋葬的总人数是 54, 265，其中死于瘟疫的有 35, 417 人；只有一个教区发现这年没有一个人得瘟疫。1629 年以后，死亡人数按照各种死因分类，例如：

流产和死产.....415
 恐惧.....1
 衰老.....628
 疟疾.....43
 中风和偏头痛.....17
 疯狗咬.....1, 等等。

总计列举了六十三种死亡原因，包括如下说法：“死在路上，饿死”，“处死和拷打致死”，“不幸”，“颞病”，“瘰疬”，“肝肿大”，“自杀”，“窒息，保姆领养中饿死”，“受行星所袭”，“电击”，“暴死”，而“牙病”据认为夺取了 470 名儿童的生命。

在“死亡人员的一般观察”这一章 (chap. II) 中，格劳恩特考查 1629—36 和 1647—58 这二十年的死亡率表，他画了一份表作为第三版的一个附录，列出了每年死于 81 种原因的死亡人数。他发现，这样记载的 329, 250 个死者有三分之一死于影响四、五岁以下儿童的那些原因，而关于死于某些其他疾病的死者，他估计有一半是六岁以下的儿童。他得出结论：“大约百分之三十六的早产儿不满六岁就死亡了。”该表还表明，约 16, 000 人死于瘟疫，50, 000 人死于其他急病，“它们来势凶猛，象是空气腐败变质所致”，70, 000 人死于“当地水土低劣”和食物品质引起的疾病，只有 1 个人在 60 岁死于“外部的不幸”，即皮肉疾患。格劳恩特观察到，“在一些死者中，有些死因在总的埋葬人数中占有固定的比例；它们是些慢性(595)病和城市里最常见的病；例如肺结核、浮肿病、黄疸”，等等，“而且，某些事故，如灾

难、水淹、自杀和杀伤等等，情况也是这样；而传染病和恶性疾病……并不保持这种均等的情形：因此在某些年月里死亡人数比其他时候多十倍。”在这段论述里，我们看到格劳恩特作出了一个统计学上头等重要的发现：某些现象（例如他提到的某些疾病）虽然在个别事例中看来是偶然的，但当作为一个整体或至少在大量地加以考虑时，却能表现出高度的规律性。

接着是“特殊的死者”这一章（Chap. III），格劳恩特在其中谈到少数人如何死于饥饿，以及少数人如何被杀害。“法兰西浓疱”（梅毒）的相当低的死亡率——20年内死亡392人——被格劳恩特归因于这样的做法（基本上仍保持着）：把这种原因引起的死亡挂在由此引起的继发性疾病的名义下，办法是“让验尸的老妪喝一杯淡啤酒而迷迷糊糊，再给她一块八便士的银币（应当是四便士）作为贿赂”，从而得到她的默许。他讨论了1634年第一次在死者中出现的佝偻病究竟真是一种新的疾病还是先前同称为“肝肿大”的疾病相混淆的那种病。但在佝偻病急剧增加时，后一种病却相当稳定，因此格劳恩特得出结论：佝偻病实际上是一种新的疾病。格劳恩特接着观察和评论一些比较常见的疾病的死亡率的升降。“痛风的死亡率很稳定……虽然我相信，较多的人死于痛风。其原因是由于痛风患者据说都很长寿；因此当这些人死去时，就把他们作为老死申报。”

第四章论述了瘟疫历次肆虐的死亡率，1603年那次死者有五分之四死于瘟疫，是最严重的一次。在第五章里，格劳恩特论证了瘟疫一次肆虐在减少洗礼仪式次数上的效应；他还试图证明，这样一次瘟疫造成的城市人口的减少在翌年年底就好转了，他认为，这主要是由于从乡下流入新的人口。例如，1625这个瘟疫年前后的洗礼仪式次数是：

1624年.....	8, 299	1626年.....	6, 701
1625年.....	6, 983	1627年.....	8, 408

(596)在就人的健康比较年度和季度时（Chap. VI），除了“瘟疫年”（在这些年里，二百人以上死于瘟疫）而外，格劳恩特还区分出“疾病年”（在这些年里，埋葬人数超过前一年和下一年）。他表明，一般说来，“疾病较多的那些年，儿童的出生也较少”。这一情况也适合于在第十二章中所考查的乡村教区。秋天发现是一年中对健康最有害的季节。

这些统计表表明埋葬人数比洗礼仪式次数要多得多。例如，1649—56那些年里，伦敦有85,338人埋葬，而相比之下，洗礼仪式次数只有50,465。这个城市的人口必定依靠从乡下流入人口而得以维持和增加。格劳恩特后来在这本书中所研究的乡村教区表明，如果从全部乡村来看，洗礼仪式次数超过埋葬人数的比率大大甚于对伦敦损耗的补偿，倘若英格兰的总人口大约十四倍于伦敦人口；而这从伦敦约捐整个税款的十五分之一这个事实，以及根据英格兰总的教区数目及其估计的平均人口所作的计算来看，是很可能的。埋葬人数超过洗礼仪式次数的总的理由是，“在伦敦易遭死亡的人数同能生育的人数的比例比乡村高”。特殊的理由有：到伦敦来经商和游玩的人大都把妻子留在乡村；学徒很晚结婚；伦敦有许多出洋远航的水手；伦敦的“烟雾、臭气和潮湿空气”必定缩短了许多人的寿命。提出的进一步原因是“饮食无度”、“通奸和私通”以及商业上的忧虑。

这些统计表还表明，在伦敦男性超过女性（Chap. VIII）。例如，从1628到1662（首尾两年除外）的三十二年中，男性的埋葬人数总计209,436，相比之下女性的埋葬人数只有190,474，而这期间洗礼仪式次数是，男性

139,782人,女性130,866人,所以男性的出生人数超过女性约三分之一。格劳恩特相信,乡村大体上也是这个比例。在第十一章中,格劳恩特试图估计伦敦的人口,然而大大夸大了。“鉴于估计的是平均状况,而不管是否有人多活十年,因此我认为,每十个人中总有一个人内在一年内死亡。”根据这些统计表,伦敦每年埋葬的15,000人中大约有5,000人死于小儿病和老年病,因此每年大约10,000人必定死在10到60岁之间。格(597)劳恩特假设上述“平均状况”是确实的,遂把这个数字乘以10(应该乘以20)来得出在这两个年龄之间的人数(100,000)。为了获得更精确的近似值,他估算出“生育女子”(育龄女子)的人数两倍于年出生数(12,000)即24,000;他估计家庭数目是这些女子人数的两倍(即48,000),而一个家庭平均人数为8(包括仆人和房客),于是得出人口为384,000。根据城内一些教区的死亡人数与家庭数目之比(3比11)以及伦敦的总死亡率(最近几年是13,000人),他证明,伦敦总的家庭数目一定为48,000左右(如上所述)。这个数目为许多受过训练的人所再次证实,也为下面的计算所证实:“我拿了一张由理查德·纽考特在1658年按码尺度测绘的伦敦地图。于是我推测,在100码见方中,可能大约有54个家庭,如果设想每所住宅正面20英尺宽;上述方形的两边将各有100码的住宅,另外两边各占80码;总共360码:那就是说,每个方形有54个家庭,而城内有220个方形,所以城内总共有11,880个家庭。鉴于城内每年大约死亡3,200人,而全部死亡13,000人;由此可知,城内住宅是全部住宅的 $\frac{1}{4}$,因而也可知道,伦敦城内和周围有47,520个家庭。”因此,人口估计约为384,000人,按照已经得出的比例(Chap.VIII),其中约199,112人必定是男性。

在他的第十二章也是最后一章“乡村的死亡率表”中,格劳恩特论述了汉特郡某个教区九十几年来的洗礼、结婚和丧葬记录,“汉特郡既不是一个以长寿和健康著名的地方,也不是一个有相反名声的地方。”这个共有2,700人的教区几乎必定是威廉·配第故里的罗姆西教区,正如教区记录簿和格劳恩特的统计数字的严密一致所证实的。通过考查这些记录,格劳恩特发现:每次婚姻平均生四个小孩;每出生15个女孩,就有16个男孩出世;男性和女性的埋葬人数几乎完全相等;在整整九十年里,出生多于埋葬的人数仅达1,059人,即大约每年12人,其中大约400人可能去伦敦,大约400人移居异乡,而本地人口大约增长了300人。根据这些记录,格劳恩特产生了一种设想:“乡村中最大的和最小的〔每年的〕(598)死亡率的比例远比伦敦的大”,因为“在伦敦……埋葬人数……不到十年之内就已增加一倍,而在乡村,埋葬人数……在这十年里……已增加四倍。……这一切表明,比较空旷的地方,既极易受到好的也极易受到坏的影响,伦敦的烟灰、蒸汽和臭气已经充斥上空,以致几乎无以复加”。格劳恩特未认识到,当他取得数据的范围从伦敦缩小到单独一个小镇时,必定使得统计规律的可靠性一年大不如一年。

在他的《观察》(Observations)第三版增加的附录中,格劳恩特讨论了或许是配第提供给他的都柏林的每周死亡率表;根据那里的埋葬人数和伦敦的埋葬人数与人口的比例,他估计都柏林的人口约为30,000。他还录引了肯特和德文郡的其他统计表以同汉普郡的统计表作比较;概述了阿姆斯特丹的死亡率表;详细综述了其他欧洲人口中心瘟疫引起的死亡;还叙述了从

可能因受格劳恩特原版《观察》的影响而公布的那些统计表中得出的巴黎洗礼和丧葬人数。这本书最后是些概括所有前述统计表的分析图表。

配第

格劳恩特的人口统计学工作由他的朋友威廉·配第爵士继续，他们两人的工作由于他们当选为皇家学会会员而受到重视。配第第一个明确提倡应用定量经验方法研究社会和政治现象，他的话很值得录引。“我采取那种利用数字和度量衡的方法（作为我长期追求的政治算术的一个范例），而不是仅仅使用比较级和最高级的语词以及理智的论据；仅仅利用感性的论据，仅仅考虑那些可在自然界中找到根据的原因；而那些取决于特定个人的变化不定的心情、见解、爱好和情绪的论据则让别人去考虑”（*Political Arithmetick*, Preface）。因此，他提倡采用一种人口调查表的制度，给出他们的年龄、性别、婚姻状况、头衔、职业、宗教信仰等等。“如果不知道确切的人数，不以此作为一条原则，那末所保存的出生和埋葬率表的整个作用和应用便受到损害；于是，从出生和埋葬率表通过费力的推测和计算而得出的人数可能是精巧的，但却非常荒谬”（*Observations upon the Dublin Bills of Mortality*, 1681）。

配第的《政治算术》（完成于1676年，但直到1690年才发表）主要是论战性的——它旨在反对英格兰国情不妙这个普遍印象。他的较简短的《政治算术论文》（*Essays in Political Arithmetick*）（1683—7年）中有些论文更和本章的主题有关。在《关于伦敦城市的发展》（*Concerning the Growth of the City of London*）（1683年）这篇论文中，配第假定人口与正常健康状况年份的埋葬人数成正比，如此根据死亡率表所涉及的130个教区的人口增长而估计出伦敦的发展。他的计算根据下面的表进行：

在下列年间的伦敦平均死亡人数

1604 和 1605.....	5, 185
1621 和 1622.....	8, 527
1641 和 1642.....	11, 883
1661 和 1662.....	15, 148
1681 和 1681.....	22, 331

配第注意到，这些数字与四十年中的人口倍增大致吻合。如果取格劳恩特的观察即每年30人中死亡1人，那么1682年前后的22,331人的死亡率使得出口为669,930。这为一个报告所证实：有84,000间租赁房屋，如假定每家8口人，则得出口672,000，接着他试图估计英格兰和威尔士的人口。伦敦的估计人数约为英格兰和威尔士全部人口的十一分之一；所以伦敦的全部人口可能是十一分之一，而英格兰和威尔士全部人口可能约为7,369,000，这个数字与人头税和家庭税申报书以及教区受圣餐者名单均相符合。至于人口倍增所花的时间，格劳恩特的乡村统计表表明，每年50人中死亡1人，有23人埋葬，就有24人出生。如果这些规律总是成立，那么它们表明，人口约在1,200年中增加1倍。但是，可以找到其他可靠的观察资料，它们表明的人口增长率要快十倍，而且提出，“按照自然的可能性”，人口在十年内就能增长一倍。因为在600个人中，可能有180个18岁和59岁之间的男人，180个15和44岁之间的女人，她们两年内一次生育

一个孩子，由此给出 90 或 75 人（由于各种原因减少 15 人）的出生率。由于还有 15 人的埋葬率，这个出生率给出每年 60 人的增长数，因此人口在十年之内增长一倍。配第采取折衷的办法，假设死亡率为四十分之一，埋葬 9 人就有 10 人出生，于是便给出每 600 个人口中，每年增长 $1\frac{2}{3}$ 人，这使人口在三百六十年里增长一倍。他似乎 (600) 忽略了人口增长中的累积效果，但是或许他认为他所提到的瘟疫、饥荒和战争的影响抵消了这个效果。所以，如果现在英格兰和威尔士共有 7,400,000 人，并让城乡都取上述的倍增率，那么在诺曼人征服时期那里必定已有大约 2,000,000 人。到 1840 年，伦敦的人口将是 10,718,880，而乡村的人口将是 10,917,389，“只是略微多了一点。因此，无疑而又必然的是，伦敦的发展必定在上述的 1840 年前停止。在这之前的时期即公元 1800 年，伦敦的人口将达到顶峰。”

在他的《五篇政治算术论文》(Five Essays in Political Arithmetick)(1687 年)的第三篇中，配第再次试图估算出伦敦的人口，为此他使用了三种独立的方法：

(1) 通过估算住房的数字。——这有三种做法：(a) 1666 年烧毁的住房数目是 13,200。这些住房里死亡的人是那年全部死亡人数的五分之一，所以伦敦住房总数在 1666 年是 66,000。但是，1666 年埋葬人数仅是 1686 年埋葬人数的四分之三。所以，1686 年住房数目是 88,000。(b) 1682 年的一幅地图的作者们（身份不明）告诉配第，他们原来发现有 84,000 多所住房，而四年以后可能增加了十分之一，即总计为 92,400 所，因此伦敦人口在四十年内增加一倍。(c) 1685 年在都柏林有 29,325 户家庭和 6,400 所住房，而在伦敦有 388,000 户家庭，因此按相同的比例可得这个城市的住房至少是 87,000 所。在布里斯托尔，5,307 所住房里有 16,752 户家庭，按此比例可得伦敦有 123,000 所住房。这两个结果的平均数是 105,000：这同户籍署所证实的 105,315 极其接近。接着便求家庭的数目：伦敦十分之一的住房中可能居住二户家庭，所以有 (105,315 + 10,531) 户家庭，如再假设一户家庭有 6 口人，那末我们使得出口为 695,076 人。

(2) 借助理葬人数和死亡率。——1684 和 1685 这两个健康年的埋葬人数几乎相同 (23,202 和 23,222，平均值是 23,212)。如果假设象格劳恩特所断言的和配第证明是可能的那样，每年 30 人中死亡 1 人，那末，人口应是 696,360。

(3) 借助瘟疫年份死于瘟疫者与幸存者的比率。——配第指出（显然是错误的）：格劳恩特说过，伦敦有五分之一人死于一次瘟疫流行期间。当时在 1665 年死去将近 98,000 人。因此人口必定 (601) 是 490,000 人，再加上到 1686 年人口增长了三分之一，便可得总人口 653,000 人。（但是赫尔指出了 1665 年死亡的总人数 [97,306 人]，据说仅有 68,596 人死于瘟疫，这给出 1665 年的人口约为 343,000，1680 年人口约为 460,000。）

在《五篇论文》的第四篇中，配第试图估算出欧洲主要城市的人口。假设死亡率为 1:30，考虑到据说的埋葬人数或住房数目，他给出这些城市人口的估计数如下。

伦敦.....	696,000
巴黎.....	488,000
阿姆斯特丹.....	187,000

威尼斯.....	134,000
罗马.....	125,000
都柏林.....	69,000
布里斯托尔.....	48,000
鲁昂.....	66,000

配第在 1667 到 1673 年居留爱尔兰期间，为他的《爱尔兰政治解剖》(political Anatomy of Ireland)(1691 年)收集数据，这本书提出了据他认为人口统计学应该包括哪种资料的思想。它叙述了土地的面积和特征以及各个阶层的人中间土地所有权的分配。在 10,500,000 英亩爱尔兰土地中，据说有 1,500,000 英亩是公路、泥塘和河流；另外 1,500,000 英亩被说成是不毛之地；7,500,000 英亩据说是良好的草地、耕地和牧场。计算了土地、地租、农产品税等等的总价值。爱尔兰总人口估算为 1,100,000，家庭数目为 200,000，“烟”(火炉)的数目为 250,000。人口的分类如下：

罗马天主教徒.....800,000	} 或者	英国人.....200,000
非罗马天主教徒.....300,000		英格兰人.....100,000
		爱尔兰人.....800,000

160,000 户家庭没有烟囱，24,000 户家庭有 1 只烟囱，16,000 户家庭有 1 只以上烟囱(平均 4 只烟囱)。还估算了下列各种的人数：虚弱的人(2,000) 士兵(3,000) 7 岁以下儿童(275,000) 住房烟囱多于 6 个的富人(7,200) 仆人(32,400) 牧师和学生(400)——共计 320,000 人，余下的 780,000 人从事各种职业。这些男女据认为分布于下列这些职业：

粮农.....	100,000(602)
放牛.....	120,000
渔民.....	1,000
铁工.....	2,000
铁匠和他们的雇工.....	22,500
裁缝.....	45,000
才工和泥瓦工.....	10,000
鞋匠和他们的雇工.....	22,500
磨坊工.....	1,600
羊毛工.....	30,000
制革工人和鞣皮匠.....	10,000
首饰业.....	48,400
总计.....	413,000

余下的 367,000 人从事其他职业。都柏林的 4,000 户家庭中，有 1,180 家啤酒店、91 家小酿酒店，所以在垒爱尔兰的 200,000 户家庭中，可能有 60,000 户家庭从事酒业(即至少总共有 180,000 人——男人、女人和雇工)，还留下 187,000 失业的是“解雇者和信用差的人”。他认为，这些人可以很好地雇用于从事下列各种工作：建造正规房屋和工厂以取代现用的“糟糕的猪圈似的房子”，种植树木，修筑道路，疏浚河流，为都柏林筑防，等等，或者在造船业和纺织厂工作，他还提供了每个所建议的工厂的成本的估价。

格雷戈里·金

格劳恩特和配第的先驱工作由格雷戈里·金（1648—1712）推进到一个更高的阶段，他的《关于英国状况和条件的自然与政治观察和结论》(Natural and Political Observations and Conclusions upon the State and Condition of England) (1696年)表明对人口统计学作用的认识有了发展。在这些观察的开头一节(§1)中，计算英国人口的根据是：(1)住房数目；(2)每所住房居住人数；(3)流浪者和其他不能列入正常估计数的人数。(1)按照户籍署的登记簿，1690年报喜节住房数目估算为1,319,215。正如后面(§5)所表明的，人口估计每年增加约9,000人，按照这个速率，住房每年应增加约2,000所，但由于同法国交战，每年住房的增长数不能超过1,000很多，因此到1695年底，住房数目可能只增加到约1,326,000。但是事实上，就税收而言，分租给好几个租户的住房也象许多独立寓所一样计算，而空房和工场间也都计算在年，因此这个数字应当扣除约3%。因此，住房的正确数字(整数)为(603)1,300,000。(2)金接着根据不同类地区的结婚、出生和埋葬的统计表，估算了每所住房的平均人数，并假定这些住房的分布按下表所示，从而得出总的固定人口：

	住房	每所住房人数	人数
城内的97个教区.....	13,500	5.4	72,900
城外的16个教区.....	32,500	4.6	149,500
米德尔塞克斯和萨里郡的15个外国教区...	35,000	4.4	154,000
伦敦和威斯敏斯特特区的7个教区.....	24,000	4.3	103,200
所以伦敦及其死亡率表包括.....	105,000	4.57	479,600
其他城市和集镇.....	195,000	4.3	838,500
乡村和小村庄.....	1,000,000	4	4,000,000
总计.....	1300,000	4	5318,100

由于估计还有遗漏，所以作为修正，把计算的伦敦人口增加10%，其他城市和城镇增加2%，乡村和小村庄增加1%，这样得出的总数约为5,422,560。(3)在“暂时的人”(象士兵和水手)中，大概有60,000人没有列入上述估计数之中，还有流浪者、小贩等等大约20,000人也没有计算在内。加上这些人数，英国的总人口约为5,500,000人。

第三节讨论“男人和女人、已婚和未婚、儿童、仆人和旅居者等区分。”结婚、出生和埋葬的估计表明两性人数的比例在规定的环境中如下表所示：

	男性, 女性	男性	女性	总和
伦敦及其死亡率表.....	10:13	230,000	300,000	530,000
其他城市和集镇.....	8:9	410,000	460,000	870,000
乡村和小村庄.....	100:99	2,060,000	2,040,000	4,100,000
	27:28	2,700,000	2,800,000	5,500,000

(604)更加详细的分类给出下面的比例：

	人数	男性	女性
夫妇,超过..... 34 ¹ / ₂ %	1,900,000	950,000	950,000
鳏夫,超过..... 1 ¹ / ₂ %	90,000	90,000	
寡妇,大约..... 1 ¹ / ₂ %	240,000	—	240,000
儿童,超过..... 45%	2,500,000	1,300,000	1,200,000
仆人,大约..... 10 ¹ / ₂ %	560,000	260,000	300,000
旅居者和单身汉..... 4%	210,000	100,000	110,000
总计..... 100	5,500,000	2,700,000	2,800,000

下表示出这些类别分别在伦敦、大城镇和村庄中所占的不同比例：

	伦敦及其死亡率表		其他城市和大城镇		乡村和小村庄	
	人	人	人	人	人	人
夫妇.....	37%	196,100	36%	313,200	34%	1,394,000
鳏夫.....	2%	10,600	2%	17,400	1 ¹ / ₂ %	61,500
寡妇.....	7%	37,100	6%	52,200	4 ¹ / ₂ %	184,500
儿童.....	33%	174,900	40%	348,000	47%	1,927,000
仆人.....	13%	68,900	11%	95,700	10%	410,000
旅居者.....	8%	42,400	5%	43,500	3%	123,000
总计.....	100	530,000	100	870,000	100	4,100,000

在第四节，接着以每年出生 190,000 人的假设为根据，把年龄分布列成下表：

	总计	男性	女性
1 岁以下	170,000	90,000	80,000
5 岁以下	820,000	415,000	405,000
10 岁以下	1,520,000	764,000	756,000
16 岁以下	2,240,000	1,122,000	1,118,000
16 岁以上	3,260,000	1,578,000	1,682,000
21 岁以上	2,700,000	1,300,000	1,400,000
25 岁以上	2,400,000	1,150,000	1,250,000
60 岁以上	600,000	270,000	330,000

在第五节中，金估算在他的时代，每年的人口增长数大约是 6059,000。如假定埋葬率为 1:32，则这个王国每年的埋葬数算出约为 170,000 人，而如假定出生率为 1:28，则每年的出生数一定是 190,000。所以人口的年增长数应该是 20,000，这个数字和 9,000 之间的不一致部分地是由于瘟疫和战争年份死亡率增加（每年增加死亡人数分别为 4,000 和 3,500）；而又可能有 2,500 人在海上丧生，1,000 人去殖民地，于是每年净增加数

减少到 9,000 人。在每年 20,000 人的毛增长数中,金认为乡村的增长数恰为此数,而伦敦以外城镇的增长数为 2,000 人以上,但是伦敦每年的埋葬数超过出生数 2,000 人,所以总的毛增长数每年保持为 20,000 人。自从 1500 年以来,伦敦的人口已经倍增了三次,但是乡村的总人口从 1688 年以来由于战争已减少了 50,000 人。

金给出下列每年结婚、出生和丧葬比串的表:

人口	结婚	出生	丧葬
530,000 伦敦	1 : 106	1 : 26.5	1 : 24.1
870,000 城市和集镇	1 : 128	1 : 28.5	1 : 30.4
4,100,000 乡村和小村庄	1 : 141	1 : 29.4	1 : 34.4
5,500,000	1 : 134	1 : 28.85	1 : 32.35

图表 D.—1688 年计算的英国

	阶层、地位、衔头和资格	每户家庭 人数	人数	每户家庭岁人
				英镑先令便士
160	世俗贵族	40	6,400	3,20000
26	上议院中的主教和大主教	20	520	1,30000
800	从男爵	16	12,800	88000
(606)600	骑士	13	7,800	65000
3,000	候补骑士	10	30,000	450000
12,000	绅士	8	96,000	28000
5,000	上流人士	8	40,000	24000
5,000	下层人士	6	30,000	12000
2,000	远洋巨商	8	16,000	40000
8,000	远洋商贾	6	48,000	19800
10,000	律师	7	70,000	15400
2,000	大牧师	6	12,000	7200
8,000	小牧师	5	40,000	5000
40,000	大地产主	7	280,000	9100
120,000	小地产主	5 ¹ / ₂	660,000	5500
150,000	农场主	5	750,000	42100
15,000	人文科学家和艺术家	5	75,000	6000
50,000	店主和商人	4 ¹ / ₂	225,000	4500
60000	工匠和手艺人	4	240000	3800
50,000	海军军官	4	20,000	8000
4,000	陆军军官	4	16,000	6000
500,586		5 ¹ / ₃	2675520	68180
50000	普通水手	3	150000	2000
364000	劳动人民和户外仆佣	3 ¹ / ₂	1,275,000	1500
400000	村民和贫民	3 ¹ / ₄	1300000	6100
35,000	普通士兵	2	70000	1400
849,000		3 ¹ / ₄	2,795,00	1000
	流浪者,如吉普赛人、小偷、乞丐等等	—	30,000	
			所以总	
500,586	王国财富增加	5 ¹ / ₃	2675520	68180
849,000	王国财富减少	3 ¹ / ₄	2,825,000	10100
1,349,586	净总数.....	4 ¹ / ₁₃	5,500,520	3250

一些家庭收入和开支表

总的岁入	每人岁入			每人年开支			每人岁入增长			总的岁入增长
	英镑	先令	便士	英镑	先令	便士	英镑	先令	便士		英镑 ( 607 )
512,000	80	0	0	70	0	0	10	0	0	64,000
33,800	65	0	0	45	0	0	20	0	0	10,400
704,000	55	0	0	49	0	0	6	0	0	76,800
390,000	50	0	0	45	0	0	5	0	0	39,000
1,200,000	45	0	0	41	0	0	4	0	0	120,000
2,880,000	35	0	0	32	0	0	3	0	0	280,000
1,200,000	30	0	0	26	0	0	4	0	0	160,000
600,000	20	0	0	17	0	0	3	0	0	90,000
800,000	50	0	0	37	0	0	13	0	0	208,000
1,600,000	33	0	0	27	0	0	6	0	0	288,000
1,540,000	22	0	0	18	0	0	4	0	0	280,000
144,000	12	0	0	10	0	0	2	0	0	24,000
400,000	10	0	0	9	4	0	0	16	0	32,000
3,640,000	13	0	0	11	15	0	1	5	0	350,000
6,600,000	10	0	0	9	10	0	0	10	0	330,000
6,375,000	8	10	0	8	5	0	0	5	0	187,500
900,000	12	0	0	11	0	0	1	0	0	75,000
2,250,000	10	0	0	9	0	0	1	0	0	225,000
2,280,000	9	10	0	9	0	0	0	10	0	120,000
400,000	20	0	0	18	0	0	2	0	0	40,000
240,000	15	0	0	14	0	0	1	0	0	16,000
34,488,800	12	18	0	11	15	4	1	2	8	3,023,700
								减少		减少
1,000,000	7	0	0	7	10	0	0	10	0	75,000
5,460,000	4	10	0	4	12	0	0	2	0	127,500
2,000,000	2	0	0	2	5	0	0	5	0	325,000
490,000	7	0	0	7	10	0	0	10	0	35,000
8,950,000	3	5	0	3	9	0	0	4	0	562,500
60,000	2	0	0	4	0	0	2	0	0	60,000
计为										
34,488,800	12	18	0	11	15	4	1	2	8	3,023,700
9,010,000	3	3	0	3	7	6	0	4	6	622,500
43,491,800	7	18	0	7	9	3	0	8	9	2,401,200

因此，在任意 10,000 人的总人口中，在乡村里有 71 或 72 对人结婚，生育 343 个儿童；在城镇有 78 对人结婚，生育 351 个儿童；在伦敦有 94 对人结婚，生育 376 个儿童。可见，伦敦出生数与结婚数的比例较低，但结婚数与人口的比例较高，因此伦敦比其他大城镇生育更多；同样，这些城镇比乡村生育更多。再者，如果伦敦的人象乡村的人一样长寿，那末伦敦的人口增长率便会比乡村快得多。金把伦敦出生数与结婚数的较低比例归因于通奸盛

行、奢侈和酗酒、专心于商业、煤烟对健康的影响以及与乡村相比，伦敦夫妇间年龄差别大。

(508)关于最后这个因素，金给出他根据在利奇菲尔德镇的观察所得到的父母年龄悬殊对生育力的（明显）影响的调查结果。在所考察的 1,060 名儿童中，母亲年龄大的有 228 例，父亲年龄大的有 832 例；一半儿童的双亲，丈夫比妻子大 4 岁以上；三分之一儿童的双亲的相对年龄从妻子长 2 岁到丈夫长 6 岁，等等。一半儿童的父亲的年龄在 28 和 35 岁之间，母亲年龄在 25 和 32 岁之间。

在他的书的第六节中，金研讨了 1688 年英国人的岁入和开支。他的计算综合为一张表，这张表是迄当时为止最精心编制的人口统计资产负债表。查尔斯·戴维南特（1656—1714）理所当然他说它是“比可能曾编制过的关于任何其他国家的人的表都更为独特和正规的英国居民表。”此表（图表 D）现录引在边码第 606 和 607 页上，其内容也许自不待言。

金估计了英国的总价值为 650,000,000 英镑，他是根据财产和生产的资本价值以及国家货币储备、金银餐具、船舶、库存、家畜等等计算出来的。

三、寿命表或死亡率表：格劳恩特和哈雷

人寿保险的做法似乎始于十六世纪，如果不是更早的话。但是这些契约的根据看来是相当随便的。甚至在十七世纪，人寿保险也在一定程度上按照赌博的方式进行，即象是靠运气取胜的游戏。一批人通过一年一次相互保险的方式付一定金额，记在公共的帐上；不考虑年龄上的差别，而只考虑巴斯卡和其他人所提出的那种几率计算。格劳恩特对死亡率表的研究，标志着对完全科学的人寿保险的基础即寿命表或死亡率表发生特别兴趣的时期。格劳恩特自己编制了一张死亡率表，现将此表和他的导引性解释录引在这里（Natural and Political Observations, Chapter XI）。

“我们已经看到，在 100 个达到胎动期的胎儿中，大约 36 个不满 6 岁就夭折，也许只有 1 人活满 76 岁，在 6 和 76 之间有 7 个十，因此我们在余下活满 6 岁的 64 人和活满 76 岁的 1 人之间找(609)到 6 个比例中项数；我们并发现下列数字实际上非常接近事实。……

100 人中，六岁以内死的	.....36
下一个十年	..... 24
第二个十年	.....15
第三个十年	.....9
第四个十年	.....6
下一个十年	.....4
下一个十年	.....3
下一个十年	.....2
下一个十年	.....1

由此可见，上述 100 名达到胎动

期的胎儿中：

活满六岁的	.....64
十六岁的	.....40
二十六岁的	.....25
三十六岁的	.....16
四十六岁的	.....10
五十六岁的	.....6

六十〔六〕岁的3
 七十六岁的1
 八十〔六〕岁的0”

低龄的死亡串在这表中大大夸大了。其他人也尝试编制了死亡率表，尤其在荷兰，那里雅各布·范·德耳、约翰·胡德（阿姆斯特丹的市长）、克里斯蒂安·惠更斯和简·德·维特等人都对这个问题感兴趣。但是，最有价值的寿命表并运用于计算终身年金的，乃由埃德蒙·哈雷于 1693 年发表在《哲学学报》第 196 期第 596—610 页上。这篇论文的题目是“根据布雷斯劳城的精细的出生和丧葬表进行的对人类死亡率高低的估算；并尝试根据寿命确定年金价格。皇家学会会员 E.哈雷先生著。”

在提到格劳恩特和配第关于伦敦和都柏林死亡率表的工作时，哈雷评论说，这些表未能说明（1）总人口数（2）死者年龄。而且，“伦敦和都柏林两地都偶然流入客死在那里的大量异乡人（正如这两座城市里丧葬人数远远超过出生人数所表明的），因此它们不能作为这方面的标准；可能的话，这要求我们所研究的人应该毫无变迁，他们应当死在出生地，没有因移入外国人而引起人口额外增长，或者因有人移居外地而人口有所减少。”但是，贾斯特尔最近把布雷斯劳城在 1687—91 年间的几份死亡率表递交给皇家学会。(610)这些表给出了死亡人数的月报，其中说明了死者的年龄和性别，并与出生人数相比较。然而，布雷斯劳城的总人口数却没有给出，哈雷不得不根据下面给出的表间接地估算出这个数字。布雷斯劳远离海洋，“因此，只会聚集少量的异乡人”，故出生人数略微超过丧葬人数。在所考虑的五年（1687—91 年）里，每年平均出生率是 1, 238，每年平均死亡率是 1, 174。从那些报告可知，348 个婴儿在第一年里就夭折，另外 198 个婴儿在一到六岁之间死亡，因此只有 692 个婴儿活满 6 年。根据这些存活者的死亡年龄，哈雷编制了下面的表，表中上面一行表示年龄，下面一行表示每年死于该年龄的平均人数。上面一行中有圆点的地方表示圆点下的数字代表前后两列年龄之间的死亡人数（假定每个年龄上都有人死亡）。

年龄：	7	8	9	·	14	·	18	·	21	·	27	28	·	35
死亡人数：	11	11	6	$\frac{1}{5^2}$	2	$\frac{1}{3^2}$	5	6	$\frac{1}{4^2}$	$\frac{1}{6^2}$	9	8	7	7
年龄：	36	·	42	·	45	·	49	54	55	56	·	63	·	70
死亡人数：	8	$\frac{1}{9^2}$	8	9	7	7	10	11	9	9	10	12	$\frac{1}{9^2}$	14
年龄：	71	72	·	77	·	81	·	84	·	90	91	98	99	100
死亡人数：	9	11	$\frac{1}{9^2}$	6	7	3	4	2	1	1	1	0	1/5	3/5

哈雷认为，如果考虑很多年的话，表中的一点点不规则性将会得到纠正。

根据这些数据，哈雷编制了一张表，“它的用途是多方面的，给出了比我所知道的任何现有的表更有根据的、关于人的状况和条件的观念。”它据说表明了布雷斯劳每个年龄的人数，从而也表明所有年龄上存活和死亡的几率，由此便为计算终身年金等等提供了一个可靠的根据。哈雷的表列在代码第 611 页上，它表明在世的人按现在年龄的人数。

这些年龄组的人数合计接近 34, 000 人，哈雷大概经过修正而得出这个整数，以作为布雷斯劳人口数。

哈雷对这张表作了许多应用。(1) 他首先算出这人口中适龄服兵役的男子所占的比例。18 和 56 岁之间的总人数是 18,053 人, 假定其中一半是男性, 那么“够服兵役资格的男子”的总数为总人数的四分之一强。(2) 该表还用于表明所有年龄上死亡率或生活率的大小, “因为如果任何存活一年后的年龄上的人数除以该人数和所提出的年龄的人数之差, 则这比便表明了一个该年龄的人在一年内不会死亡的机会。”例如这表表明, 一个二十五岁的人, 他在一年年不会死亡的机会是 560 比 7 即 80 比 1。同样, 任何给定年龄的人在达到任何另一个给定年龄之前不会死亡的机会也可以表示出来。

(611) 现在年龄	人数	现在年龄	人数	现在年龄	人数	现在年龄	人数
1	1.000	22	586	43	417	64	202
2	855	23	579	44	407	65	192
3	798	24	573	45	397	66	182
4	760	25	567	46	387	67	172
5	732	26	560	47	377	68	162
6	710	27	553	48	367	69	152
7	692	28	546	49	357	70	142
8	680	29	539	50	346	71	131
9	670	30	531	51	335	72	120
10	661	31	523	52	324	73	109
11	653	32	515	53	313	74	98
12	646	33	507	54	302	75	88
13	640	34	499	56	292	76	78
14	634	35	490	56	282	77	68
15	628	36	481	58	272	78	58
16	622	37	472	59	262	79	49
17	616	38	463	60	252	80	41
18	610	39	454	61	242	81	34
19	604	40	445	62	232	82	28
20	598	41	436	63	222	83	23
21	592	42	427	63	212	84	20

例如, 一个 40 岁的人将活 7 年的机会看来是 377 比 68 即约 $5\frac{1}{2}$ 比 1。(3)

对于一个给定年龄的人, 该表表明这人有对等的死或不死的机会的时期。在这个时期内, 所提出的年龄的存活的人数减半: 例如, 对于一个 30 岁的人, 这个时期在 27 和 28 年之间。(4) 保人寿险价格 (对于一个指定的时期) 应该根据这些原则调整, 而 (5) 年金的价格也应当这样, “因为很清楚, 这买主应该付的仅仅是和他活的机会相应的那部分年金的价值; 而这应该按年计算, 将所有这些年价值的金额加在一起, 便等于这个人终身年金的价值。”这就是说, 在用普通方法按给定利率计算出到期应支 (612) 付的英镑价值之后, 那么, “它便将作为在那年限之后还活着的人数与已死亡的人数: 任何一个人活着或死亡的机会也是这样。因此结果是: 两者的金额, 或者最初提出的那个年龄的存活的人数和这许多年以后存活的人数……在所提出的那个期限以后每年应支付的价值, 以及对于这个人在这许多年之后必定享受这样

一笔年金这种机会所应支付的金额。对于这个人毕生的每年都这样重复做，那么这些机会的价值的总金额便是年金的实际价值。”根据这个原则，哈雷编制出下列的表，表明每隔 5 岁直到 70 岁按保险金计的年金价值。

年龄	五年购买金额	年龄	五年购买金额	年龄	五年购买金额
1	10.28	25	12.27	50	9.21
5	13.40	30	11.72	55	8.51
10	13.44	35	11.12	60	7.60
15	13.33	40	10.57	65	6.54
20	12.78	45	9.91	70	5.32

为了计算涉及两世的机会，只需记住：“表中每个一世的机会的数字相乘即为两世的机会。”在处理这种涉及个人的机会的问题时，哈雷建议使用几何图形。这样，在长方形 ABCD 中，设 AB 表示同那个较年轻的人同年龄的人数，BH 表示他们中在一定时期以后存活的人数，AH 表示在此期间死亡的人数。设 AC 表示同那个较年老的人同年龄的人数，AF 表示在同一时期以后存活的人数，CF 表示已死的人数。于是，如果整个长方形 ABCD 的面积 613 表示全部机会，则长方形 HI 将表示这两个人都活满这个时期的机会；长方形 FE 将表示两者都死亡的机会，而长方形 GD、AG 将表示一个人存活而另一个人死亡的机会。这种情况特别适用于共同年金的购买和向寡妇提供寿险赔款。哈雷最后研究了涉及三世的机会，并且说明了怎样求得三人中任何一人在世期间应付的年金价值。这里适用的图形是平行六面体。

哈雷得出结论，“可以对之提出异议的是：各个地方不同的健康状况并不阻碍这种建议普遍适用，也不能否定它。但是……按照威廉·配第对伦敦所作的计算，看来〔在布雷斯劳〕每年大约死亡三分之一……所以，就我所知，也许提不出一个更好的地方作为标准了。”

值得提到的是，十八世纪在伦敦建立的第一批人寿保险公司都使用了哈雷的表。

四、经济学

商品的生产、获得和应用是十分常见的社会现象，因此甚至最早的社会和政治问题作家也不能完全避开它们。所以，在古代和中世纪的文学作品中已经可以看到一些经济思想。然而，经济学作为一门科学的发端不能说比近代开始还早。甚至在十六和十七世纪，对于经济现象的科学研究，兴趣还相当小。经济学倒是被看做为政治学即国家事务管理术的一部分。因此，这门科学较早的名称“政治经济学”第一次是出现在安东安·德“孟克列钦的《政治经济学论文》(Traicte de l' Oeconomie Politique)(1615 年)之中。工业和商业尤其是外贸的作用主要认为是一种用于增加国家财富和力量的工具。而国家更倾向于比做一个农场——君主的农场。例如，威廉·配第在确定英国或爱尔兰居民的票面价值时，他令人可悲地把每个人看做仿佛是农场中的一头牛。欧洲有些地方甚至今天也这样看，把百姓当作炮灰！然而，就国家实施的经济措施开展的不同观点的辩论必然导致对经济问题进行认真的思考和推论，从而帮助奠定经济学的基础。正如从这种状况所可料想的，十(614)六和十七世纪里讨论的经济问题主要是作为国家财富的工具的商业问

题和某些有关的货币问题。在这些讨论的过程中，对诸如“财富”、“价值”、“租金”、“利息”或“高利贷”等许多经济概念都作了为作为科学的经济学所必不可少的批判考查。当然，那些已在“政治算术”这个标题下论述过的研究在某种程度上也属于经济科学的范畴，而且无疑也夹杂着各种经济性的讨论。但是，在所考虑的这个时期中，总的说来没有对经济问题作系统的研究。因此，“政治算术”最好单独加以叙述，尤其还因为它已充分自成一体，而且它的最重要的特征即应用定量或统计方法，在经济学研究范围之外也已产生重大影响。

虽然法国和意大利对经济理论尤其对金融的研究作出了宝贵的贡献，但是，十六和十七世纪最重要的经济文献都是英国人撰写的；因此，以下主要就英国经济学家来概述这个时期的经济思想，他们的观点作为一个整体可以认为代表了其他国家当时所有的理论。

国家财富

这个时期的政治家所主要关心的实际经济问题，是不断增长的国家财富的问题。由于把整个国家比做普通的商人，因此不言而喻地也就认为一个国家的财富只能依赖与其他国家的有利交易来增加。此外，目光盯住“军费”的政治家们特别重视货币或贵金属形式的财富。不断发展的武装力量、迅速增长的行政机构的费用和王室的日趋奢华致使迫切需要现金资源。因此，政治目标便成为谋求这样的盈余的“贸易平衡”：通过出口交易不仅给国家带来所有必需的外国商品，而且还提供贵金属以补偿进出口商品在价格上的差别。“贸易平衡”这个用语〔显然是弗兰西斯·培根在他的《致乔治·维尔里斯爵士的通知信》(Letter of Advice to Sir George Villiers) (1615年)中第一次与“荣誉平衡”一起使用它〕在这个时期的经济学著作中大量出现；它所表达的思想先于它的表述。这种经济政策以及为促进这政策而采取的各种措施现在称为“重商主义”，这可能是因为它倾向于特别重视作为获得所希望的贸易顺差的主要力量的商人阶级。商业冒险家组成各种公司，是那些年代的特征。已知最早对重商概念的说明见诸约翰·海尔斯的《英国政策的简论》(Briefve conceit of English Policy)(1549年?)；但是，它最清楚的阐述见诸托马斯·曼(1571—1641)的著作，他是东印度公司的董事、《论英国和东印度公司的贸易》(A Discourse of Trade from England to the East Indies)(1621年)和《英国得自对外贸易的财富或者我们的对外贸易差额支配我们的财富》(England's Treasure by Forraign Trade or the Ballance of our forraign Trade is the Rule of our Treasure)(写于约1628年，出版于1664年)两书的作者。

托马斯·曼说：“增加我们财富和现金的通常手段是通过对外贸易，而在这里我们必须时时恪守这一原则：每年卖给外国人的货物在价值上必须超过我们消费他们的。因为，试想当王国得到富足的布、铅、锡、铁、鱼和其他土产的供应时，我们每年向外国的出超达二百二十万镑的价值；借此我们能够越过海洋为我们的使用和消费买进价值二百万镑的外国货物；只要我们的贸易充分保持这种状况，我们便可担保王国将每年增加二十万镑，而这二十万镑必定给我们带来这么多的现金；因为我们储备的这一部分并不以货物归于我们，而必定以现金带回国内”(England's Treasure, chap. II)。

依靠贸易顺差增加国家财富这种思想的一个结果，是政府试图尽一切可能，甚至必要时利用奖励金鼓励出口货物，并通过禁令或征进口税而阻挠进

口外国货物。为了给本国产品找到国外市场，提出了各种方法，其中有些方法曾付诸应用。法国在十六世纪初以及后来在十七世纪又在柯尔培尔的领导 下试图依靠艺术家、科学家和其他专家谋求商品制造上的霸权。一些名人象 列奥那多·达·芬奇、本杰明·富兰克林、詹姆斯·瓦特、詹姆斯·惠更斯和许多其他 人以及一大批来自国外的能工巧匠都到法国接受为此设置的吸引人的职位； 英国也从她对来自宗教迫害国家的避难者的宽容而(616)获得有些类似的好 处。对付外国市场竞争的另一个方法是廉价生产。戴维南特力主：促进“羊 毛生产的一个自然办法是利用一些有益的法规确保英国的羊毛加工十分廉 价，这样我们就能支配国外市场”(Ways and Means of Supplying the War, 1695)。首先，这可通过适当的劳动分工达到。配第说：“在一只手表的制造 中，如果一个人制造齿轮，一个人制造发条，一个人刻表面，还有一个人制 造表壳，那么这只手表比全部工作由任何一个人做更好也更便宜” (Concerning the Growth of the city of London, 1683)。

同样，“如果一个人梳棉，一个人纺纱，一个人织布，还有一个人熨平 和包装，那么布匹也一定比上述所有工序都由同一双手笨拙地进行时便宜。” 配第建议的另一种促进廉价生产的手段是强迫游手好闲者工作，即通过“对 失业者征税迫使他们去生产商品”(Polit.Arith., II)。配第实际上建议把 爱尔兰人“从贫穷可悲的耕作业”完全转成英国的“比较有利的手工业”(同 上, IV)。查尔斯·戴维南特(在他的Ways and Means中)也极力主张强制 身体强壮的贫民参加生产廉价商品。国家还用奖励金或津贴鼓励出口。这种 方法的思想基础在某种程度上可能与配第提出下述见解(Trea-tise of Taxes, 1662, Chap. VI)的动机相向：“暂时耗用一千个劳力比让这一千个 人因失业而丧失劳动力可能更好”——这是大战后这个时期中人们广泛赞同 的一种观点。金银的出口被认为无利可图。我们等一下将考查其理由。

进口的限制远比出口的扩大简单。某些种类商品可能完全禁止进口；其 他一些商品可能征税；而为本国工业所需要的原料则可能免税。有时候一筋 双雕，同一个措施既限制了某些种类商品进口，又帮助扩大了相应商品的出 口。克伦威尔的航海法令(1651年)对航运业的影响就是一个显著事例， 它既破坏了荷兰的运输业，又帮助了英国控制海洋。对进口商品实施的各种 限制的目的也有点类似，即旨在保护和发展国内应用和出口的商品 617 的国内生产。

整个重商趋向的精神是国际对抗。贸易主要被看作为是一种政治工具； 重商主义的格言可以表达成这样一句话：“贸易到处国旗至。”甚至在配第的 经济学著作中也可看到这种精神的反映。他写道：英国拥有足够的土地，有 充裕的劳力和就业机会，因此，《英国国民的国王要获得整个商业世界的全 球贸易，是一件可能而且极易办到的事情”(Polit.Arith., x)。但是，对 这个问题抱不同看法的经济学家在英国也不是一个没有。他们认为，国际贸 易主要是各国互通有无的一个自然方法，并且认为国际贸易不应受专横的干 涉。这种观点在戴维南特的《方法和手段》(Ways and Means)中这样表达： “贸易本质上是自由的，它寻找自己的途径，最合理地确定自己的路线，而 任何作出规定和指示、施加限制和约束的贸易法令可能都是服务于私人的特 殊目的，但很少有利于大众……不同地域和国家的出产不同，这表明上苍希 望它们相互帮助。”但是，世界采纳这种观点的时机尚未到来；甚至今天也 还如此。重商主义的幽灵仍然缠住这些强国的内阁。

货币和财富

正如我们所已看见的那样，十六和十七世纪的政治家和经济学家全都注意到出口的重要性。然而，如上面所已指出的，他们不赞同出口金银。当时普遍倾向于认为财富就是货币，或者至少是贵金属和宝石，因此这些东西的出口看上去象是财富的损失。当十七世纪初英国贸易不景气时，爱德华·米塞尔登（Free Trade, 1622）把部分责任归罪于东印度公司出口金银条块；当托马斯·曼为该公司辩护时，他仅抗辩说，“在商品贸易中，我们货币的出口是增加我们财富的一种手段”，象农民从他自己播种获得收益一样。曼的辩护似乎承认财富等于货币这一流行看法；更可能是他仅仅用它进行论证，因为他相信，甚至根据这个假设他也能够为他的理由辩护。那个时期的经济学家几乎都没有真地把财富看作就是金(618)钱（或贵金属）。例如，配第在他的小册子《货币略论》（Quantulum-cunque concerning Money）（1682年？）提出了这样的问题（23）：“一个国家难道不是因为货币少而变穷了吗？”他的回答是：“并非总是这样。因为，最富有的人手头都没有钱或只有根少的钱，而是把它变成各种商品流通，牟取高额利润，而整个国家也是这样。”他继续说，事实上，如果货币超过“英国全部土地的半年地租，加上四分之一的房租，再加上全体国民一周的开支和所有出口商品总值的约四分之一”，那么这个国家的货币就太多了。

在他对英国财富的估算中，他包括了土地、房屋、货物、船舶等等以及货币、贵金属和宝石。在他的《赋税论》（Treatise of Taxes）等著作中，他估算了这个王国的全部钱币只占国家财富的百分之一。格雷戈里·金在这方面的观点也是明确的（见边码第606和607页）。戴维南特的观点也很清楚，甚或更其如此。“我们理解维持君王和他的全体国民富足、舒适和安全，就是财富”（Works, I, p. 381）。最后，还可以援引达德利·诺思爵士的话。他写道：“不愁贫困，安享最好的环境就是真正的富裕，即使没有金银或者类似这样的东西”（Discourses upon Trade, 1691, I）。

这个时期的经济问题的作家们都没有把财富和货币混淆起来。不过他们特别重视货币或贵金属。他们认为，金和银是商品，但它们是特殊类型的商品，因为它们是不朽的、可移动的，而且最容易交换成任何其他商品。因此，金和银（以及由它们制成的货币）远比其他商品为优越。诺思非常明确地概述了大要。他解释道：“金属对许多用途来说都是必不可少的，应当列入世界的物产和产品。金和银本性精细，比其他金属稀有，因此极受珍视；完全有理由认为一点点的金银价值上等于大量的其他金属等等。由于这个理由，还由于金银是不朽的以及具有易于储存和移动等便利，所以，并非根据任何法律，它们就被奉为标准即做买卖的共同的计量单位；而且如每个人现在都知道的那样，全人类都赞成这样”（同上）。

在《贸易论》（Discourses upon Trade）的第二版中，他说：“金和银以及它们制成的货币无非是度量衡，由此可以比不用它们时更方便地进行贸易；而且还为盈余的储备存储了一笔专门的基金”（同上）。

诺思关于金银货币与财富关系的观点基本上是正确的，尤其(619)就他那个时代的英国而言，当时任何英国公民拥有的金银条块均可免费铸造王国的钱币。但是这个观点也不完全正确，如果他考虑过青铜、铜或锡的钱币的

情形，那他本来也会看到这一点。这个王国的钱币都包含立法认可的因素，使之成为合法货币。尼古拉斯·巴邦(或巴伯恩)在他的《贸易论》(Discourse of Trade)(1690年)的《论货币》等章节里不无夸张地强调了这一点(在没有纸币的时期里)。他写道，“货币是由一项法律确立的价值；它的价值差别通过钱币的印记和大小来识别。……货币的价值必须由法律确定，否则它不能作为某种计算单位，也不能作为交换一切东西的价值。货币也不是绝对必须由金和银铸造；因为，货币的唯一价值来自法律，所以印记打在什么金属上不是实质性的问题。如果货币是黄铜、铜、锡或任何其它金属铸造的，那末它们都具有相同的价值，一样使用。……旧铜币六便士将买到与银币六便士相同的东西。”然而，巴邦认识到，这仅适用于可对钱币实施立法认可的英国。因此，他又补充说：“金和银以及黄铜、铜和锡的钱币，在那些这法律无效的国家里改变了它们的价值，其值不超过打上钱币印记的那金属的价格。因此，一切外币都取决于重量，没有确定的价值，随着其金属价格而涨落。”

因此，货币毕竟并不具有“它依据法律的唯一价值”；巴邦的观点必需由诺思的加以补充。如果钱币被认可为合法货币，那么它们就因此变得更加可以接受；但是，它们的价值主要由用来铸造它们的那些金属的总的供需状况所决定。

格雷歇姆规律

钱币作为合法货币的价值和它的金属含量的价值之间可能存在着的差别产生了各种诱惑。一方面，在经济困难时期，政府或王室被诱使通过把钱币的金属价值减少到低于它们的票面价值即法定价值来使一点点贵金属能购买许多东西。这个时期的经济学作家们几乎一致谴责这种政策；他们中的许多人还极力主张，旧钱币应该熔化，代之以含有适量贵金属的新钱币。例如，配第在他的(620)《货币略论》中指出，减少银币的重量不会带来好处，因为它们的购买力将按它们重量减少的比例而降低。他还极力主张，重量不等的旧硬币应当重新铸得一样重，以提供一个固定的商业标准，并且这些新钱币初次发行时应该具有和旧币同样的重量和纯净度。另一个诱惑是剪钱币的边缘。尽管剪边者一经捕获便严加惩处，但是他们仍继续于这种勾当。成色低的、用坏了的和剪过边的钱币的广泛经验很快使人明白，当重量足的钱币和重量不足的钱币一起流通时，人们都倾向贮藏那好的钱币，或使用它们支付给外国贷方，以致不久便只有差的钱币在流通。这种倾向通常称为格雷歇姆规律。它可以表达成这样的公式：“劣币驱逐良币”。这条规律的提出现在归功于托马斯·格雷歇姆爵士，据说他在1560年把它用在他起草的，伊丽莎白女王钦准的一份公告中(见Burgon's Life and Times of Gresham, 1839)。

价值和价格

十七世纪讨论最广泛的经济问题之一是价值的问题。无疑，这个问题在一定程度上是由于讨论上面已说明过的货币价值问题而提出的。关于价值的讨论都相当含混而又片面。大部分作家并非总是分清使用价值和交换价值，

即商品或服务的效用和价格。其次，每个作家都趋向把决定价值的某个因素看作好象是需要加以考虑的唯一因素。然而，集体进行的讨论澄清了一个正确的经济价值理论的几乎所有的基本方面，而所需要的仅仅是某种逻辑综合。

在《贸易论》中，已邦着重强调效用这个因素。他写道：“一切商品的价值全来自它们的用途；没有用途的东西也就没有价值，正如英国警句所说，它们分文不值。东西的用途是给人提供必需品。人类生来有两大需要：内体需要和精神需要；为了提供这两种必需品，普天下一切东西都成为有用之物，因而都有价值。”肉体的主要需要是“衣、食、住”。但是，“精神需要是无穷无尽的。”“在形形色色满足精神需要的东西中，那些装饰人的肉体、促进生活华丽的东(621)西应用最广。”

所以，稀罕或短缺成为价值中的一个因素，因为“稀罕难得的东西是体面的重要标志；从这个价值中，珍珠、钻石和宝石等都由于这种用途而获得其价值；稀罕物品所以是体面的象征，是因为获得了难得的东西。”相反，“如果商品超出可能的需要而过剩，它们便变得毫无价值。”

巴邦还解释了大多数东西由于风尚变化而发生的价值变动。“大多数东西的用途是满足精神需要，而不是内体的必需；以及那些大都发端于想象即心灵变化的需要；这些东西逐渐变得没有用，所以失去了它们的价值”(pp. 13-15 in J.H. Hollander, s Reprint, Baltimore, 1905)。

然而，关于价值的讨论大都主要围绕价格问题即那些决定交换价值的因素。即使东西为了具有交换价值即价格而必须有某种用途，那也不能由此得出结论：一切有用的东西均应得到价格，更不能认为一种商品的价格必定与其效用成正比，从而假设这效用可以独立地加以量度。正如约翰·劳所指出：“水用处很大，但价值很小。……钻石用处很小，然而价值很大”(Money and Trade Considered, 1705)。

那末，如果假设一些商品都有某种用途，则决定它们价格的是些什么因素呢？十六世纪经济学作家们主要强调这样两个因素：(1) 生产一种商品所必需的劳动量和(2) 商品的供给与需求之间的关系。

(1) 约翰·洛克在他的《政府论》(Of Civil Government)(1690年, § 42)中强调劳动在创造价值中的作用。他说：“面包、酒和布都是日常用品而且很充足，然而，尽管橡树子、水和树叶或兽皮都必定是我们的面包、饮料和衣服，但并不是劳动提供给我们这些比较有用的商品。因为，无论面包比橡树子、酒比水、布或丝绸比树叶、兽皮或苔藓更有价值，这一切全都完全是由于劳动和工业所造成的。”然而，既然劳动必须有原料进行加工，而原料不是由人的劳动而是由大地所创造，因此洛克不得不承认，一种商品的价值部分地应当归功于大地。配第赋予在创造价值中的土地和劳动以同等的重要性。他在他的《赋税论》(1662年, Chap. IV)中写道：“一切东西都应该根据两个自然单位即土地和劳动来估价；即我们应当说，(622)一艘船或一件衣服按照土地这个量度以及劳动这个量度是有价值的；因为船和服装都是土地和人在土地上劳动的创造物。”

然而，单用劳动或者单用土地来表达一种商品的价值将更为方便。配第因而考虑寻找“土地和劳动之间的自然平价”，借此可以“把一者化归为另一者，就象我们把便士化归为镑一样容易而又可靠”(同上)。这样“自然平价”的问题在他的《爱尔兰政治解剖》(1691年, Chap. 1X)中再度作了讨

论，他得出的结论是：“一个成年人一天食量的平均数而不是一天的劳动量，是价值的公共量度。”这个结论是根据下述考虑提出的。“设想在二英亩围起来的牧场上，放上一头断了奶的小牛，我料想小牛十二个月里将长出1英担重可食用的肉；那么，我认为一英担重这种肉相当于五十天的食量，而这小牛价值的利息就是土地的价值即年租。但是，如果一个人的劳动……一年年能使上述土地生产出六十天以上这种或任何别种食物，那么，这些天食物的余量是这个人的工资：两者都用一天的食量来表达。”

配第满足于他把劳动的价值和土地的租用价值化归为一种公共单位的方法，因而着手表明如何作出“技术和简单劳动之间的平价和等值。”他解释道：“如果通过这种简单劳动我能在一千天里耕耘一百英亩土地准备播种；然后假定我花一百天研究一种更简单的方法，发明为此所用的工具；但在这一百天里土地一点也没有耕耘，而在剩下的九百天中我耕耘了二百英亩；那末我就说，上述仅花一百天代价发明的技术，永远值一个人劳动的价值：因为一个人采用这种新技术就能完成两个不用这技术的人所做的工作”（同上）。

（2）另一方面，有一种倾向强调一种商品的价格取决于供给和需求。例如约翰·劳坚认，商品的价格“或高或低，与其说是根据它们价值和必要的用途或大或小，还不如说是根据和对它们的需求成正比的它们的数量的多少。”他举出上面已经引述的那个例子，这里再重新全文录引。他说，“水用处很大，但〔交换〕价值很(623)小；因为水的数量远远超过需求。钻石用处很小，然而价值很大，因为对钻石的需求远远超过它们的数量”（Money and Trade Considered）。因此，“商品的价值随它们的数量或对它们的需求的改变而变化。例子。如果燕麦的数量比去年多，而需求仍相同或者减少，那么燕麦的价值便将减小。”

戴维南特或许格雷戈里·金（戴维南特利用了他的统计资料）研究了谷物价格随供应的变化，他的结论如下：“我们认为，收成的减损可能按如下比例抬高谷物的价格：

减损	相对通常价格的提高
十分之一 [10%]	十分之三 [30%]
十分之二 [20%]	十分之八 [80%]
十分之三 [30%]	十分之十六 [160%]
十分之四 [40%]	十分之二十八 [280%]
十分之五 [50%]	十分之四十五 [450%]

[An Essay upon the probable Methods of making a People Gainers in the Ballance of Trade, 1699, § , P.83.]

洛克在强调了劳动是决定价值的一个因素以后，也承认供需的影响。他写道：“任何商品的价格都按照买卖双方人数的比例而涨落”（some Considerations of the Consequences of the Lowering of Interest, etc. , 1696 ,p.45）。他的功劳还在于考虑到了代用品的存在对商品价格的影响。“因为假如在小麦和其他谷物奇缺的同时，燕麦数量很多，那末，人们对小麦的珍重必定远甚于燕麦，因为小麦更有益于健康、可口和方便；但是，既然燕麦可满足维持生命的绝对必需，所以当燕麦的价格比较便宜时，尽管它有某种不便，人们还是不会用所有的钱去买小麦，而失去所有其他生活上的便利”（同上，P.48）。

我们可以从巴邦的《贸易论》(p.18, 1905 年版)中引录一段精彩的论述来结束本节。“要不是用金银制造盘子、网织品、丝绸和盾牌,以及东方王家贮藏它们和用它们陪葬的习惯造成消耗,以致西方发掘出来的金银有一半在东方是埋在地下的话,那末,自从西印度群岛的发现以来,大量发掘的金银本来会大大贬低它们的价值,以致现在它们的价值不会超过锡或铜多少。因此,如果这些正(624)在寻找哲人石的先生们终于找到了它的话,那么他们会感到多少失望呢?因为如果他们产生的金银数量同他们及他们的前辈为寻找哲人石所花去的一样多,那末金银的价格将大大降低,以致可能产生一个问题:哲人石给他们带来的盈余能否抵偿他们用以变成金银的金属。能保持价值[价格]的只是稀罕,而不是金属固有的效能或品质;因为如果考虑效能的话,用金子买铁制的刀和东西的非洲人就会在这交易中获利;由于铁是一种比金银都远为有用的金属。”

在此人们或许会回忆起大战后不久有些地方非常害怕,唯恐德国用假的黄金来偿还所有赔款。但是,德国炼金术的坩埚既没有产生赔款,也没有产生黄金,只产生了毁灭自己的恶魔。

土地价值

在上一节中,我们已经附带提及配第用放牧在牧场的牛所获得的食物数量来估价牧场土地地租价值的方法。这个问题在他的《赋税论》(Chap. IV)中讨论得比较充分,我们现在从中援引两段。他写道:“假设一个人能用他自己的双手种植一定面积土地的谷物,就是说,能翻土或犁地、耙地、除草、收割、运送、打谷和扬谷,以及耕作这块土地所需要做的一切工作,而且他也有播种这土地所需的种子。我说;当这个人从他的收成中减去他的种子,扣除自己的口粮以及用于与别人交换布匹和其他生活必需品的谷物,那么,谷物的余量便是那年这块土地自然的和真正的租金;七年或者更确切他说,组成歉收和丰收周转循环的那许多年的平均便得出这土地以谷物计的通常租金。”

至于这租金值多少钱的问题,“我的回答是,这等于另一个人在相同时间内倾全力从事生产,扣除了他的消费以后所能储存的那样多的钱;这就是说,让另一个人到银的产地,在那里挖掘,冶炼,并把银子带到那个人种植谷物的地方,铸造银币等等;这个人在他从事银的工作的同时,始终也在为他的必要生计寻觅食物,谋(625)求补给等等。我说,应当估计这个人的银币与另一个人的谷物价值相等”,如果根据许多人劳动许多年后的结果进行比较的话。

然而,配第认识到,地租价值的确定还涉及其他因素,尤其是邻近人口稠密地区的土地,这部分地是因为食物运输费用节省了。他在他的《政治算术》(Chap. 1V)中对此这样解释:“如果只有一个人生活在英国,那么这整个领土的效益可能只是这个人的生计;但是如果增加了一个人,那末这领土的租金或效益便加倍,如果增加了两个人,那么便增长到三倍;如此以往,直到种植的人多到使这整个领土都能提供食物。因为,如果一个人想要知道一块土地的价值有多大,那么正确而又自然的问题必定是:它将供给多少人食物?有多少人得到食物?但是更实际他说,同样数量和质量的土地在英国的价值一般是爱尔兰的四或五倍;但是只值荷兰的四分之一或三分之一的价

值；因为英国居住的人口是爱尔兰的四五倍，而只及荷兰的四分之一”。

配第然后着手确定以一定年数的年租或“一定年数的地租”计的土地资本价值。他把土地资本价值定为“一个55岁的人、另一个28岁的人和另一个7岁的人”[祖父、父亲和儿子]“三人共同生活的年数，我想这个年数可以认为会被人们记住……几乎没有人会有理由去考虑更远的后裔。……现在在英国，我们估计三代人共同生活21年，因此，土地价值约是这个年数的地租总额”，视情况有所增减。当然，因邻近市场或者人口稠密而引起的土地资本价值的增加已在租金加价中考虑到（土地资本价值是租金的倍数）。

工资

上面（见边码第622页）在论述配第试图建立“一种土地和劳动之间的自然平价”时，已经顺便提到他关于农业劳动价值的观点。他利用与同一块土地用于放牧牛群时所获得的口粮数量相比，雇佣劳动者所产生的“口粮盈余”来量度农业劳动价值。这种用劳动生产率来计量工资的观点对于他同时代人所公认的那种观点是一个进步，后者认为工资应根据劳动者及其赡养的人口所需(626)的最低生活资料费用来确定。托马斯·曼、戴维南特和洛克的论点就是根据这种最低生活资料的工资理论，他们认为，对工人阶级征收的税实际上落到了他们雇主的头上。这个论点只有在下述假定下才能成立：工人的正常工资恰好仅够维持最低生活，而如果对他们征税，雇主就得根据税收金额增加他们的工资。然而，配第注意到，“当谷物极其丰富时，穷人的劳动相应地宝贵了，但几乎一无所获”(Political Arithmetick, chap.)；乔赛西·蔡尔德爵士（在他的Discourse of Trade, Preface中）指出，荷兰人“给他们的所有生产者的工资通常至少比英国人每先令多二便士，”虽然这两个国家的最低生活资料费用不存在这样大的差异。

利息

在中世纪里，基督教世界对“利钱”或“使用费”（即为临时使用他人的钱或贷款而支付的钱）的态度，有时带有经济愚蠢和卑鄙伪善相混合的特征。基督教徒不得不出借要利息的钱；只有犹太教徒通常被允许这样做；但是红衣主教们通常务必要在他们的“保护”之下生活的犹太教徒把这样获得的利润分一大部分给他们。然而，随着时间的推移，经济的必要性把伪装的宗教顾忌搁在了一边，而“高利贷”打着某种幌子在基督教徒中间盛行，虽然这个词现在仍然带着它在“宗教时代”所得到的那种恶名声，而且已完全被“利息”这个词所取代。十七世纪的经济学家值得称赞，因为他们揭示了，收取本金的利息实质上同收取土地或房屋的租金一样。两者都可能被滥用；但是错误的是滥用而不是租金或利息本身。巴邦简洁而又清楚地陈述了这个要点（同上，p.20）。他写道：“利息是本金的租金，与土地的租金相同：前者是制造的或人工的本金的租金，后者是非制造的或天然的本金的租金。利息通常按钱计算，因为带利息的借款是得用钱偿还的；但这是误解；因为利息是按本金偿付的：因为借款花费来购买货物，或者预付贷款；没有人会出借利息由他自己负担的贷款而损失利息。”

(627)从下面引自他的《赋税和捐款论》(Treatise of Taxes and Con-

tributions, 1662)(Chap.V)的一段话中可以看出,配第同样清楚这一点,甚或更其清楚:“如果一个人按下述条件提供他的钱:在某个期限之前,他可以不要偿还,而不管在此期间他自己多么急需,那末,他当然会为他给自己招致的这种不便得到报偿:这种津贴就是我们通常所说的利息。”

此外,当钱必须在某个地方偿付时,就产生了“兑换或当地的利钱”的问题。本金的利钱自然不能少于“这贷款将可购买的那么多土地的租金,如果抵押可靠的话;但是如果抵押靠不住,那么就必须用简单的正常利息来提供一种保证,这种利息可以非常正当地提高到本金以下的任何金额。”

十七世纪里关于利息讨论得最多的问题是,利息是否应当受法律限制。有些人极力主张,高的利率应该由法律来规定,这个观点有时曾付诸实施。例如在英国,利率在1623年限定在8%,在1651年限定在6%;有些作家(例如,乔赛亚·蔡尔德爵士在他的Brief observations Concerning Trade等论文之中,1668年)力主,利率应进一步减少到3%,这是那时荷兰的时率,而且据认为这给了荷兰商人一种对他们的英国竞争者的优势。然而,大多数经济学作家都反对由法律限制利息。配第(在上引著作中)反对它。诺思也反对,他极力主张,利率应该根据贷方和借方的比例进行自我调节。对那些鼓吹为了贸易的利益而由法律强行规定一种低利率的人,他反驳道:“并不是低利息促进贸易,而是贸易的增长、国家的储备使利息降低”;他断言:“当一切都考虑周到以后,将会发现,国家最好是让贷方和借方按照情况达成他们自己的交易”(同上,pP·18,20)。

五、社会现象的规律性

十七世纪经济学文献最令人感兴趣的特征之一,是日益意识到在经济活动领域中普遍有一定程度的固有规律性或秩序。在纯粹自然领域内,规律和秩序的概念当然是该世纪自然科学的特征(628)之一。这个时代的天才的天文学家和物理学家的伟大发现,给一切有头脑的人留下了深刻的印象,使笛卡尔、霍布斯尤其是斯宾诺莎这些哲学家确信宇宙规律和秩序普遍存在。然而,只有很少的人能够这样纵情想象。人意志自由而又变幻莫测,这似乎明显地驳斥了那种认为规律占居普遍支配地位的思想。笛卡尔甚至认为必须赋予人的灵魂(如果不是人的肉体)以专有的特权。这种成功的自然科学的精神足以感染敏锐的博丹,使他去寻找人的性格和能力同地理和气候影响之间的有规律的联系。“政治算术”领域中的工作者都探索出生老病死这类人类事件的规律性。经济学作家们处于一种多少有点独特的地位,因为在童商主义盛行的时期里,经济活动倾向于被认为是一个明显地由君主和政府专横干预和控制的领域。然而,只要浏览这个时期的经济学文献,就会发现,有一种信念在不断增长,即经济事务自然地遵循它们自己的一定规律和倾向,甚至政府所能达到的有效操纵也有限度。这可以从下述两点看出,在贸易问题上,同政府干预的对抗愈演愈烈;事情集中在这种干预怎样时常导致各种各样的诡计,而它们是在受到妨碍时排泄经济趋向的出口。前面的引文有些可能已经把这一点说清楚了。这里我们仅仅再补充诺思用来结束他的《贸易论》时所用的那句生动的比喻:“我们可以费力筑起篱笆把杜鹃围起来,但这是枉费心机。”

(参见 The Economic Writings of sir William Petty-Together with the Observations upon the Bills of Mortality more probably by Captain

John Graunt, ed. By. C.H.Hull, Cambridge, 1899; The Petty Papers, ed. by the Marquis of Lansdowne, 1927; J. Bonar, Theories of Population, 1931; W.G. Bell, The Great Plague in London in 1665, 1925; H.L. Westergaard, Contributions to the History of Statistics 1932; E. Cannan, A Review of Economic Theory, 1930.)

哲学和科学

我们已经指出过，在近代之初哲学和科学是彼此不分的。哲学这个术语广义上用来泛指所有世俗的知识，包括一切今天所称的科学。为了使哲学摆脱从属于基督教神学的地位（这是经院哲学的最大特征所在），近代思想的前驱者们长期努力不懈。这种分离的基础在一定程度上是邓斯·司各脱（1270？—1310）在中世纪临近结束时奠定的。他把天启知识和自然知识、神学和哲学截然区分了开来。他认为，天启是上帝的恩赐；而理性的知识则是以知觉到的客体为对象的人类心灵的自然过程。这种“双重真理”即自然真理和天启真理的思想无疑促进了世俗研究事业。但是，这个走向自然知识解放的进程由于下述事实而被阻滞了：教会把亚里士多德的哲学奉为解决一切不与基督教教义相冲突的哲学和科学理论问题的权威。因此，当时人们时常激烈攻击亚里士多德，尤其是他的形式逻辑。他们严厉批评他的仅仅是三段论推理方法的贫乏无力，批评他看不到只有经验和归纳才是能促进真正知识的正确方法。这种批评完全是应该的。亚里士多德关于科学方法的知识，他为促进科学而做出的贡献，都远远超过大多数批评他的人。但是，这种批评并非总是表里一致的。它的目标所向或许倒不如说是以巧妙的方式抨击教会以及经院哲学对亚里士多德逻辑的滥用。这种对亚里士多德逻辑的批评和在哲学上鼓吹新的经验方法，无疑主要是为了谋求把自然知识从神学解放出来，以使哲学和科学都能成为完全世俗的学问。然而，科学和哲学在很长时间里是彼此不分的。科学著作包含很多我们今天所称的哲学，科学家还常常作出形形色色的纯粹哲学假设。但是，科学和哲学这两个自然知识领域逐渐地还是分离了开来，尽管这种分离并非总是(630)在这两种名义之下进行的。部分地受弗兰西斯·培根的影响，更大程度上由于罗伯特·玻义耳的努力，尤其在牛顿树立的榜样的示范下，当然也完全是他们所倡导和运用的经验方法的结果，终于作出了一种区别，它把直接来自观察或经验事实的理论同离开这些材料比较遥远的进一步理论分别开来。前者属于科学的范畴（即通常所称的自然哲学），后者则属于思辨哲学的范畴（它有各种不同的名称：神学、形而上学或第一哲学）。牛顿非常奇怪地把“假说”这个术语限制于那些比较思辨的理论，这也许是因为这个术语从词源上使他想到形而上学的“基质”或“实质”。这样，经验上可证实的自然知识便同因无法证实或不能充分证实而令人可疑的思辨区别了开来。换句话说，科学同哲学分离了，尽管它们并非始终都和为此目的所用的这两个术语互为表里。在本章，哲学这个术语在刚才所指出的意义上使用。这将防止发生混淆，尽管不久以后便出现了分化。

近代科学的前驱者们坚持不懈地致力于使科学和哲学摆脱神学以及随后又使科学同哲学分离，这决不能看做是一种证据，说明他们都敌视神学或哲学。他们大都是虔诚的基督教徒，尽管他们不是狂热的教士；他们莫不热衷于各种哲学假设，虽然他们并不总是清楚地意识到这个事实。然而，他们都本能地试图保持他们的科学工作脱离他们的神学和哲学，取得了程度不等的成功。

本章的主要目的在于论述十七世纪末之前的主要近代哲学家的最主要的

思想，并适当离题地介绍一些主要不是哲学家的近代科学先驱者的哲学观点或推测。

布鲁诺

乔丹诺·布鲁诺（1548—1600）出生于意大利的诺拉。他在那不勒斯就学，加入多明我会。因为涉嫌异端，他出逃过流亡生活，到过法国、英国、德国和瑞士。他不时在牛津、巴黎和其他地方讲演。在返回意大利时，他在威尼斯被宗教法庭发现，在囚禁了几年(631)之后，最后在罗马被烧死在火刑柱上。

布鲁诺的世界观既反映了在复活的新柏拉图主义的影响下文艺复兴所特有的那种对大自然的生机勃勃之美的热忱，也反映了打破当时的乡土观念的地理发现旅行所激发的目光开阔以及哥白尼的日心天文学对人类倾向所产生的深远影响。

教会对自然界的认识相当狭隘，还轻蔑地把它同超自然的王国对立起来。在布鲁诺看来，自然界是一个充满生机和美的无限世界。自然界中神无处不在；事实上，它就是上帝，它具备通常赋予上帝的一切品性。按照布鲁诺的意见，上帝并不存在于世界事物之外，不能离开它们而存在，而是存在于所有它们之中（*De la Causa, Principio et uno, Dial, II and V; Opera Latina, 1879, I, i, 68*）。一个有限的世界不值得上帝去占满它。实际上，自然界不仅无限，而且还包含无限多个世界，它们全都充满生机和活力，随着神一起搏动。这些世界每一个都有它自己的太阳，围绕其运动。每个世界都由一种比较原始的状态形成，它在完成了生命周期之后又将复归于这状态。并且，宇宙由于其内在的规律和秩序而无限地美。这有序性是它自己本性的必然性所使然，而这必然性也就是它的自由。因为在上帝即宇宙中，自由和必然性相吻合。上帝正是在自然界的不可违犯的规律中、太阳的光辉中和母亲地球所生育的事物中显圣；宇宙万物都对上帝的至善至美作出其贡献。有限的事物实际上是无限多样的永恒的“单子”，每个单子都是宇宙的一个独特的单元，都对宇宙的完善无缺作出贡献。一个单子的“死亡”只是其不断变化的一个阶段即它退他的阶段。一个单子的诞生只是它从宇宙中心开始进化，它的寿命就是它的完满性的周期，而它的死亡就是它复归于或者说退化到宇宙中心。不过，无限宇宙中实际上并没有空间中心。内和外之间、月上和月下区域之间、天和地之间或者自然界中物质和精神之间都不可能根本的差别。因为神的精神无所不在，不存在没有灵魂的肉体，正如不存在没有肉体的灵魂一样。一不可能和多相分离，多也不可能和一相分离。人的最高生命和活力在于他尽情地爱宇宙，这是一种“英雄的”爱，从而在他的身上清除掉了一切猥琐。

(632)布鲁诺对自然界的生命和优美的诗一般的赞美可能令人纳罕，但它实质上类乎一种对自然界及其几何和谐的美学态度，这种态度激励了天文学先驱，尤其是刻卜勒，并因而为数学谋得在近代科学中占居至高无上的地位。

培根

弗兰西斯·培根（1561—1626）出生在伦敦。他的父亲是伊丽莎白女王的掌玺大臣尼古拉斯·培根爵士。弗兰西斯在剑桥大学三一学院求学。他在那里看来学到了两件事：对个人荣誉的热望和对经院哲学的蔑视。他天赋和机遇都超常，前者导致他身败名裂，后者使他成为反中世纪精神的先锋而名垂青史。他在1576年去法国，但在他父亲于1579年去世后又返回英国，继而攻读了四五年法律。1584年，他进入议院。1593年，他因在下议院反对一项财政议案而冒犯了女王。因此，尽管埃塞克斯伯爵为他说项，但他仍失去了升迁的机会。这件事可能教训了他，使他看轻了道德心。1601年他帮助给埃塞克斯定下叛逆罪，因而重又博得女王的宠信。但他仍来得到重用，只在1603年成为爵士。当他于1607年被詹姆斯国王任命为副检察长时，他正在认真考虑放弃政治转向从事学术研究。1613年，他就任检察总长；1617年任掌玺大臣；1618年任大法官和维鲁拉姆男爵；1621年任圣奥尔本斯子爵。可是，他由于奢侈而堕落，就在这一年他被控受贿，被定罪而失宠。他一生最后五年在隐退中度过，致力于学术工作。

图 309—弗兰西斯·培根

培根之前不久进行的地理发现旅行和作出的实用发明给他留下了深刻的印象。他认为，印刷术、火药和磁罗盘的发明“改变了全世界的整个面貌和事态”。给他特别深刻印象的是哥伦布发现新世界和他同时代的伽利略用望远镜揭露了新的景象。培根还想亲自作出实用的发明和发现一个新进界，至少是一个“新的理智世界”。为此，他提议找出当代学者的缺陷，详细制定关于协同研究的新方法的计划，这些新方法能够导致真正的知识和实用的结果。他为履行这个计划所做的主要贡献包括在他的《学术的进展》(633) (Advancement of Learning, 1605) (大大扩充的拉丁文版是 De Augmentis Scientiarum, 1623) 《新工具》(Novum Organum, 1620) (新的方法论) 和《新大西岛》(New Atlantis, 1625) 之中。值得指出的是，这些著作中最重要的一部即《新工具》的扉页上是一幅图，画面上一艘张满帆的船驶过旧世界的尽头“海格立斯柱”而进入大西洋去探寻新世界。培根显然志在成为“新的理智世界”的哥伦布。他曾经如此明确地表白过。“我之发表和提出这些猜测，一如哥伦布在他越过大西洋的那次令人惊叹的航行之之前所做的那样，当时他说明了他为什么相信可能发现新的土地和大陆的理由”(NOV.org.)

在培根看来，传统学术的毛病例如他在旧大学中所目睹的也正是经院哲学所特有的那种毛病：依赖寥寥几本古籍，反来复去地对它们的内容作逻辑的修补，而不是注意事物本身。他继续说道：“这种蜕变的学术主要在经院哲学家中间盛行。这些人智慧敏锐而出众，他们有充裕的闲暇，阅读种类不多的书籍，但是他们的智慧禁锢在少数几个作者（主要是他们的独尊者亚里士多德）的窠穴里，因为他们的人身就束缚在修道院和学院的小天地里；他们对自然史和历史都不甚了了，因而他们没有研究大量的问题，而是无限制地发挥智慧，把在他们的书本上苦心编织成的学术之网来束缚我们。因为如果人的智慧和心灵对问题（它是对上帝创造物的沉思）进行工作，那末它们是在按照材料进行工作，因此是有限的；但如果它们是在对自己进行工作，象蜘蛛织网那样，那末便是无限的，它们实际上编织出了学术的蜘蛛网，网丝和编织之精细令人赞叹，但却是空洞的或无益的”(Advancement of Learning, Book I)。培根一只眼睛看着轻信的经院哲学家，另一只眼睛盯住当时的怀疑论者，这样，他把对待书本的正确态度描述如下：“读书不是去反驳

和驳倒；不是去相信和想当然；也不是去寻找谈话和议论；而是去权衡和思考”（Essays, on studies）

培根不仅知道哪些心灵品质是科学的障碍，而且还深明哪种心理最适合于科学。他这样写道：“心灵要非常机敏而又全智，能够把握事物的相似之处（这是主要之点），同时又非常稳重，能够注意和分辨它们比较精细的差别；……作为天性，就具有探索的欲望、怀疑的耐心、沉思的嗜好、断言的谨慎、重新考虑的果断、整理的仔细；并且……不损害新的东西，也不赞美旧的东西，并痛恨——(634)切欺诈”（De Interpretatione Naturae Proemium, Vol. , p.518ff. , 载培根著作的 Ellis 和 Spedding 版本）。培根是在考虑他有无资格担负规划“新的理智世界”这个重任时，给他自己作这番描述的。鉴于他实际取得的成就，人们无可厚非，不能说他对自我的品格失诸溢美。人们倒是倾向于遗憾地想象，如果他把全部精力都投入科学和发明的事业而不是政治，那他可能本来还会在这个领域里取得何等重大的成就。

培根珍视科学知识并不是为了它本身，而因为它是利用可能从它产生的发明来为全人类谋利的强有力的工具。广大人民还生活在粗野而又悲惨的境况之中，迫切需要解救。在贫困之中，人们乞灵于魔法和占星术。传统上对奇迹的迷信和流行的神秘的和泛灵论的自然观助长了占星术、魔法和巫术的信仰。甚至刻卜勒也只能被认为既是个伟大的天文学家，又是个神秘主义者和占星士；哈维也曾参与考核习称的巫士。据认为培根坚持主张，驾驭自然现象的唯一途径是利用科学知识而不是巫术的或占星术的仪式。神秘的操作不可能制服自然现象；必须研究、遵守和服从它们。只有理解和遵守它们的特征和规律，它们才可用来造福于人类。

培根说道：“人的知识和人的力量是合二而一的；因为原因不明的地方，结果也不可能产生。对于有待征服的大自然必须先去顺从她”（NOv.Org, Aphorism iii）

另外，培根的功利主义的科学观是富于远见的。他目光远大。他认为，从长远来看，科学作为一个整体将会，也应当会大大造福于人类。他不宣扬任何目光短浅的观点，例如那种认为每项科学研究无论开始或结束时都应当根据其实际效果来评价的观点。相反，他告诫世人，这种目光短浅的功利主义只会败坏自己，正象阿塔兰塔在赛跑中由于停下来拾金苹果而失败一样。

他写道：“诚然，我主要从事著述和积极的科学研究，但我仍然期待着收获期，不过我不想收割苔藓或者还没有成熟的谷物。……我极端谴责和(635)拒斥那种不合时宜地、幼稚地刚开始工作就急于攫取垂手可得的、但却妨碍赛跑的阿塔兰塔苹果那样的东西”（The Great Instauration, Plan of the Work）

为了获得真正的而又富有成果的知识，需要做到两件事情，即摆脱成见和采取正确的探索方法。关于第一个要求，培根坚持认为，一切科学知识都必须从不带偏见的观察开始。可是，这并不是轻而易举的事。因为人的心灵“象一面魔镜”，一面给出虚假反映而不是正确映象的失真的镜子。这种失真是由于某种缠住人的心灵的成见或“假相”（即幻影或幻象）所致。培根列举了四种类型成见或偏见，他分别称之为“种族假相”、“洞穴假相”、“市场假相”和“剧场假相”。“种族假相”是整个种族所共有的成见，例如倾向

希腊神话中的捷足美女阿塔兰塔许诺嫁给在赛跑中战胜她的人。青年希波美尼斯在路上丢下三只金苹果，诱使阿塔兰塔停下来拾取而战胜了她。——译者

于只看到和相信所赞同的东西，在万物中看到一种目的，用拟人的方式解释一切，受幻觉妨碍，如此等等。“洞穴假相”是个人所特有的成见，因人而异。他说，这些成见“大都是由于一个偏爱的问题占支配地位而产生的”；他以他的同时代人吉尔伯特博士为例，后者“在极其勤奋地从事磁石的研究和观察之后，立刻就着手按照他所偏爱的这个问题构造一个完整的哲学体系。”培根说的“市场假相”是指那些主要由于应用语言而产生的成见，语言是社会交往的主要工具。例如，人们倾向于认为，同所使用的一切名称相对应的事物是存在的，例如机遇、命运、巫士等等；也倾向于忽略一个语词的字面意义和隐喻意义间的差别，例如有限的和无限的在应用于物理的和非物理的客体的时候。培根把这些归因于这样的事实：“学者们激烈而严肃的争执往往终止于围绕语词和名称的论争。”最后，“剧场假相”是由于采纳特殊的思想体系而引起的成见。它们是特别忠于特定的哲学、神学等等的体系的产物。培根断言，“根据我的判断，一切公认的〔哲学〕体系都只不过是许多舞台上的戏剧，按照一种不真实的布景方式来表现它们自己所创造的世界罢了。”他举为例子的有忠诚的正里士多德派和毕达哥拉斯派以及那些近代人，“他们试图根据《创世记》前几章或者《约伯记》以及圣书的其他部分来建立一种自然哲学体系。”科学家必须从他的心灵中清除掉所有这四种“假相”，如果他想获得那种将使人类驾驭物质世界的知识——进入建基于科学之上的人国，这与进入除了幼儿(636)谁也无法进入的天国没有多大差别”(Nov. Org., Aphorisms XXxix - 1xviii)。

至于科学知识的第二个必要条件即正确的方法论，培根则坚认重要的是应把经验主义和理性主义，仔细的观察和正确的推理结合起来。培根照例形象地把单纯的经验主义者比做蚂蚁，把先验的理性主义者比做蜘蛛，而把正确的科学家比做蜜蜂。“实验家象蚂蚁：它们只知采集和利用；推理家犹如蜘蛛，用它们自己的物质编织蜘蛛网。但蜜蜂走中间路线；它从花园和田野星的花朵采集原料，但用它自己的力量来变革和处理这原料”(Nov.Org., BookI, Aphorism xcV)。

培根呕心沥血地精心制定了详细的发现科学真理的正确方法。他关于自己所提出的这些方法的本质和目标的思想，乃建基于他对物理世界的构成所抱有的某些概念。在试图说明他所提出的各个科学方法之前，必须先简单地介绍一下这些概念。

- 虽然伽利略和其他人已经用物质原子即微粒、运动和它们的规律建立了一门新的物理科学，但培根仍在用亚里士多德的质料、形式、性质等概念以及与之相关的质料因、形式因、动力因和终极因的概念进行思考。哥白尼仍用本轮进行思考，但他同托勒密相比已把本轮的数目大大减少。正象哥白尼一样，培根也把中世纪物理学中的性质和形式的数目减少。他采取这样的假定：为了理解物理现象，必须考虑三个方面，即它们的从感觉得到的性质、它们的固有的即物理的性质和构成它们的基础的形式。例如，热是一种由感觉得到的性质，即它是某些物质现象于一定条件下在生物中产生的一种感觉。这种热并不处于所谓的热实体之中，而后者据认为是引起这感觉的原因、泉源或刺激。人们倒是应当说，这热实体具有在生物体中产生热的感觉（或者可能是增加气体的体积，等等）的能力。正是这种能力构成了这热的实体的固有性质即物理性质。培根把物质客体的这种或任何类似的物理性质或能(637)力（例如颜色或重量）称为“本质”。按照培根的意见，每种“本质”又依赖于某个看不见的即潜在的过程，他称之为“形式”；而因为这种过程符

合于规律，所以培根还用“规律”这个术语代替“形式”。他写道：“当我说形式的时候，我无非是指支配和构成任何简单本质例如各种物质和感觉主体中的热、光和重量的那些绝对现实的规律和规定性。因此，热的形式或热的形式和热的规律或光的规律乃是同一东西”（*Nov. Org.*, Book II, Aphorism xvii）。所以，按照培根的意见，“感觉得到的热是一个相对概念，同人有关”；热的“本质”是某种在生物体中产生热的感觉的能力，这种能力甚至当近处没有受它作用的生物体时也仍然存在；热的“形式”或者他另外所称的“热本身、它的精髓和它的实质”恰恰是“运动而已，别无他者”。于是，培根设想整个物质世界乃由数目相当少的简单“本质”，诸如热、光和重量（视为物理能力或性质）所组成。他认为，所有简单“本质”全都可以用甚至数目更少的“形式”甚或一个终极的“形式”来解释。人类对物质客体的全部经验、天上和地上万物的总体乃是数目有限的“简单本质”或者甚至数目更少的终极“形式”（因为这种简单的一般“本质”例如热、光和声均可视为同一个终极“形式”即运动的各个特殊变种的产物）的不同组合和置换的结果。“简单本质的形式尽管数目少，但通过交换和配合可以构成所有这一切种类”（*Adv. of Learning*, Book II）。应当明白，尽管他的术语多少带有经院色彩，但培根实际上是根据原子、运动及其规律来思考物理世界的，即使他并未认识到定量精确的定律的重要意义。

按照上述解释，就能理解培根为何认为真正的而又富有成果的科学的工作就是发现“形式、或者更确切他说，发现简单的形式。”探索密、稀、热、冷、重、轻、有形性、流动性、挥发性、固定性和诸如此类东西的形式……而它们象字母表的字母一样，并不多，但却构成和维持一切实体的精髓和形式，噢，这正是我现在试图做的”（*De Augmentis Scientiarum*, Book III, Cbap.1v）。因此，培根即从事解释发现这种简单形式的方法。现在我们就可以来介绍(638)他的方法论的主要特点。

科学方法必须从系统的观察和实验开始，达到普遍性有限的真理，再从这些真理出发，通过渐缓的逐次归纳，达到更为广阔的概括。切忌根据少数的观察匆忙进行概括。他说道：“存在着而且可能只存在着两条寻求和发现真理的途径。一条是从感觉和特殊飞到最普遍的公理，把这些原理看成固定和不变的真理，然后从这些原理出发，来进行判断和发现中间公理，这条途径是现在流行的。另一条途径是从感觉和特殊引伸出公理，然后不断地逐渐上升，最后达到最普遍的公理。这是真正的途径”（*Nov. Org.*, Book 1, Aphorism XIX）。〔培根把任何概括都称为“公理”。〕

观察必须系统地进行和记录。无论研究哪种性质或者说物理性质，都必须试图把基于观察的有关资料编制成三张表。（I）首先我们需要一张肯定事例表，它列举有该性质出现的所有种类现象。这些事例应当尽可能地多种多样。“给定了一个本质，我们就必须首先把一切已知的虽然在实体上迥异但在这个本质上一致的事例收集起来，摆到理智的面前。在进行这种收集时，必须……避免过早进行思索”（同上，Book II, Aphorism XI）。例如，著研究的是“热的形式”，则这表应枚举诸如太阳光线、曳光、雷电、火焰、天然温泉、火花、经摩擦的矿物、潮湿的生石灰、酸等等事例。（ii）其次是应编制一张否定事例表，也即“缺乏这给定本质的事例，尽管这些事例在其他方面同别的其中有这本质存在的事例极其相似。”例如，关于热的否定事例包括月亮、恒星和流星的光线；空气、水和其他处于自然状态的流体；干的主石灰，等等。（iii）第三，我们需要一张程度表或比较表，其中的“事例在大小不同的程度上具有所探索的本质。”在热的情形里，这些所需要的

事例包括运动、酒、发烧等等引起的动物热的增加、生物体各个部分热的程度不同、太阳热的强度随太阳位置不同而变化、以及运动或吹风的量、取火镜离燃烧体的距离和火的持续时间等的不同所造成的热的差别，等等。

(639)借助这三张适当事例的表，就可以很容易地确定所研究的性质或本质的形式。所采纳的原则是，当所给定的本质存在时，这给定本质的形式也必定存在，它不存在时，这形式也不存在，而当前者变化时，后者也发生量的变化。把每张表中的各种事例加以比较，并把这些表相互比较，就应当能够取消对所有形式的断定，而只留下对一个形式的断定。对这种排除方法的依靠意味着，存在数目相当少的形式和关于所有它们的知识。上面已解释过，培根对它们为数很少深信不疑，并且他还希望，通过科学家之间勤奋的合作，这些形式不久就将可全部被获知。培根把这种排除方法应用于有关热的三张事列表，由此得出结论：“热乃是其一个特殊情形的那个本质，看来是运动。这在火焰中表现最为明显，火焰总是在运动，以及烧煮也是在不断运动的液体。运动激发热或者引起热增加，如在风箱和鼓风机里，也证明了这一点。……此外，任何阻止和制止这运动的强压缩都会使火和热熄灭，也证明了这一点。”为了防止误解，培根又补充说：“热本身、它的精髓和实质只是运动，别无他者”；但它是一种特殊的运动，即“一种膨胀的、受约束的、由其冲突而作用于物体较小微粒的运动”(Nov.Org., Book I1 Aphorisms x—xx)。

培根意在制定科学程序的准则，使得几乎任何具有常识而又勤奋的人都能作出科学发现。他的《新工具》(即新逻辑)旨在成为这样的工具，他把它比做圆规。正象圆规使甚至没有技能的人也能画出一个很好的圆一样，这种新方法也应当使得普通人都能成为科学发现者。在这里，培根大大低估了独创性和洞察力在科学工作中的重要作用，以及把它简约成单凭经验的方法所存在的困难。事实上，培根自己也发现不可能令人满意地应用他自己精心制定的规则。仅仅把他所要求的那三种类型表编制完全，也将是一项费时而又麻烦的工作。培根自己也不得不同意和实行某些简捷的做法(“预期”)。然而，他对科学方法的说明仍建立了相当大的功绩。他的三种表，即使不完整，也已为那些最为重要的比较简单(640)的归纳方法的应用提供了必需的资料。肯定事例表提供了应用契合法所需的资料；比较表提供了共变法所必需的资料；而肯定事例表和否定事例表的结合应用为差异法和契合差异并用法的应用提供了所需的资料。这是科学方法论研究的一个不小的成就。他强调经验之必要性和可控实验之极端重要性，也是值得称赞的。他考虑把神学逐出物理科学(虽然没有逐出哲学)；他认识到否定的、关键的和特别的(或不正常的)事例的重要意义。这些都是对科学方法研究的重要贡献。

最后，虽然培根本人未对科学发现直接作出过有价值的贡献，但他对自然知识的世俗化提供了宝贵的帮助，他的乌托邦式的《新大西岛》描绘了有组织的科学研究机构(所罗门之宫)，这促进了后来建立伦敦皇家学会。这个学会完全可以看做是玻义耳和其他人有意实现培根的梦想的结果，这些人都深受这位罕见的学识渊博而又才华横溢的大法官的著作和名望的影响。

霍布斯

托马斯·霍布斯(1588—1679)生于玛姆兹伯利附近的韦斯特波特。他

在牛津就学，然后当了卡文迪什勋爵后嗣的同伴，他陪伴后者到海外旅行，其间他会见了许多外国学者和政治家，包括伽利略、伽桑狄、默森和笛卡尔。他的主要哲学著作是《论公民》(DeCive)(1642年)、《利维坦》(1645年)、《论物体》(DeCorpore)(1655年)、《论人》(DeHomine)(1658年)。第一本书研究他那个时代的政治动乱；第二本也是最出名的书试图为皇家的特权辩护，但他根据的思想不是君权神授，而是国王体现人民的意志。他对自由意志的否定招致剧烈反对；在好几十年里，霍布斯一直是英国各个主要的道德主义者的攻击目标。

在科学史上，对霍布斯的主要兴趣在于他采取机械论的宇宙观。伽利略和笛卡尔以及某种程度上甚至还包括培根，都试图用物质和运动来解释物质世界。霍布斯超越了他们。他试图对包括精神世界和物质世界的整个宇宙都作类似的解释。象培根一样，他也是经验主义者，反对经院哲学。但是，霍布斯对数学的科学意义有**罩(641)**深刻的认识，他同伽利略比同其他先驱或同时代人更加接近。虽然霍布斯是近代的古典唯物主义者，但他不反对宗教。他相信上帝是宇宙的第一原因，但他坚决主张，人“不可能认识上帝。”

图 310—托马斯·霍布斯

按照霍布斯的唯物主义哲学，物质和运动是绝无仅有的终极实在。它们是万物、甚至感情和思想的基础，因而也是一切知识的基础。因为一切知识归根结蒂都导源于感觉即感官知觉。霍布斯坚决主张，“一个人的心灵中是没有概念的，概念不是原来就有的，它完全地或者部分地是依靠感官产生的”；一切感觉经验都是物质撞击或者压迫感官的运动所产生的；甚至在人体内部，这些压力也只能是各种运动或者只能产生各种运动，“因为运动只产生运动，别无他者”(Leviathan, Part1, Chap.1)。精神是一种物质；心灵经验全都是变化的过程，因此全都是运动，因为在霍布斯看来，“一切变化全在于运动”。并且，一切事物，无论有生命的还是无生命的都服从同样的惯性规律，即都表现出保持它们的现状（无论静止还是运动）这种基本倾向。

霍布斯可以看做一个突出的范例，说明一条方法论原理怎样可以转变成一种宇宙哲学。霍布斯把伽利略用物质和运动解释物理现象的方法转变成一种片面的唯物主义哲学。不久之后，片面的唯物主义又为若干同样片面的唯心主义所抗衡。然而，十七世纪的哲学家大都依靠基督教传统的上帝来把物质和精神这两个世界维系在一起。试图一视同仁地对待宇宙的一切方面而又不诉诸传统的 deus ex ma 的 ina〔解围之神〕的一个哲学家是斯宾诺莎，他的哲学我们就要论述到。

笛卡尔

勒内·笛卡尔(1596—1650)生于法国都兰的拉哈耶。他的家族属于爵位较低的贵族，出了许多学者。关于他的军事世家的轶闻只是把姓氏相同但实际上不是一家的人搞在一起而产生的一种传说。他在昂儒的拉福累歇的耶稣会学校求 642 学。前五年主要学习古典语言；后来三年他主要埋头攻读数学、物理和哲学。1612年他离开这所学校，不久进入普瓦蒂埃大学，1616年毕业于该校法律系。1618年，他离开法国，表面上是到荷兰、德国和奥

地利等国度过军事生涯。但并无迹象证明他真的在那些地方过戎马生活；他只是同数学家们交往。

图 311—勒内·笛卡尔

1619 年 11 月 10 日，正在乌尔姆的笛卡尔似乎在转念之间认识到，数学方法可以推广应用到其他学科。这个思想就象天启主宰着他的心灵。后来他做了三个梦，它们给他留下了极其深刻的印象，因此他发誓要朝觐圣母殿；接着的九或十年里，他几乎完全致力于精心阐发他的新的数学思想，这些上面已经说明过。1622 年，他回到法国；但在 1623 年他因家庭事务去意大利，约在 1625 年返回巴黎，同默森、皮科和其他人结下友谊。1628 年，他又去荷兰，在那里几乎度过了他的余生。他写道：“难道还有别的哪个国家，在那里，你能享受这么完全的自由。你能睡得更安稳……道德败坏、背信弃义和诬蔑中伤这样少见，我们祖先淳朴的遗风这么浓烈？”及至 1649 年，笛卡尔已经名闻遐迩，他应邀去斯德哥尔摩当克里斯蒂娜女王的教师，后者对哲学感到兴趣。但是他不适应瑞典宫廷的生活，北方的严寒也大大损害了他那历来孱弱的体质。他在斯德哥尔摩逗留了五个月后于 1650 年 2 月 11 日逝世。

笛卡尔的主要著作有《方法谈》(Discoilrseon Method)，包括有关屈光学、气象学和几何学等的三个重要附录(1636 年)；《形而上学的沉思》(Meditations of First PhilosOphy)(1641 年)；《哲学原理》(Principles of Philosophy)(1644 年)；《论灵魂的各种情感》(Treatise on the PassiOns of the Soul)(1649 年)。笛卡尔的哲学著作有二卷本的英国译本(E.S.Haldane 和 G, R.T.Ross 译, Cambridge, 1911, 1912)，他的《几何学》(Geometry)有美国译本(D.E.Smith 和 M.L.Latham 译, Chlcago, 1924)。笛卡尔的《屈光学》(Dioptrics)的英国译本(A.J.Taylor 译)和《宇宙》(LeMOnde)的英国译本(A, Wechsler)的打字稿现存伦敦大学图书馆。

象培根及其前后的其他人一样，笛卡尔也对在拉福累歇哺育过他的经院哲学深恶痛绝。他本质上是个数学天才；经院哲学那种诉诸权威的方法甚至在他的耶稣会学校里，在数学上也没有什(643)么用，只在其他学科上大加应用。因此，笛卡尔费了很大心思探索利用自然的理性之光来获得真正知识的正确方法这个问题。他对这个问题的讨论见于他的残篇《心灵方向的规则》(Rules for the direction of the Mind)(1628 年) 他的《论正确运用理性的方法》(Discourse on the Me thod of Rightly Conducting the Reason)(1637 年) 他的《形而上学的沉思》、未完成的对话《探索真理》(The Search after Truth)(1641 年？，或许 1628 年)和《哲学原理》。

《论正确运用理性的方法》中包括一些关于他对方法问题的态度的饶有趣味的传记材料。特别值得录引的是下面这段话。“我从孩提时代起就一直在学问的哺育下成长，因为人们让我相信，凭借学问我们清楚而又确切地知道一切人生有用的东西，所以我渴求获得教育。可是，一当我完成了全部学业，而人们在结束这学业后通常都被接纳进学者行列，我的见解却完全变了。因为我为这么多的怀疑和错误所困扰，以致我似乎觉得，我受教育的结果无非是越来越发现我自己的愚昧。然而，我是在欧洲最著名的学校之一里学习的……我在那里学到了一切别人所学到的东西……我也并不感到，我得到的评价比同学们差。……这使我冒昧地妄自评价一切其他人，并得出结论：我以往所相信的那种学问在世界上并不存在。”在他的《心灵方向的规则》里，他相应地坚持认为，一个问题的解决绝不取决于别人对它的看法，而取决于研究者自己的洞察力。他继续解释说，这是因为“举例说来，即使我们能背记别人已

经作出的所有证明，我们也不会成为数学家，除非我们的理智才能使我们能够解决这种困难。即便我们掌握了柏拉图和亚里士多德的全部论证，我们也不会成为哲学家，如果我们没有能力形成对这些问题的可靠判断的话。”

数学是唯一使他真正感到满意的学科，因为它的证明具有确实性。因此，它应当作为其他学科的楷模；他回顾了这样的意味深长的事实：柏拉图和其他古代哲学家“不让不谙数学的人研究哲学”。笛卡尔不赞同还在一些同时代人中流行的毕达哥拉斯派的数学神秘主义。事实上，他甚至对纯粹数学也不重视，他说：“忙于单纯的数字和虚构的图形，以播弄这种无聊的东西为满足，再也没有比这样做更加徒劳无益了。”他注重的是数学的方法，而不是它(644)的结果；他亟望把这方法推广应用到其他学科。可是，数学方法的独特性何在呢？按照笛卡尔的意见，数学的独特优点在于从最简单的观念开始，然后从它们出发进行谨慎的推理。一切科学研究者都应当这样做。他们应当从最简单而又最可靠的观念出发，通过进行式地把各个比较简单的观念相综合，即通过演绎而前进到比较复杂的观念。笛卡尔知道，知识也是从经验通过推导和从经验通过归纳而推出来的。他读过培根的《新工具》，很为赞赏。然而，笛卡尔本人相信从一个可靠的出发点进行演绎。他指出，经验从高度复杂的对象开始，因此从它们进行推理很容易产生错误；但是，演绎只要以普通的智力加以运用，就不可能发生错误。他力陈，“这清楚他说明了，算术和几何为什么远比其他科学确实。前者只处理那么纯粹而又那么简单的对象，以致它们根本不需要作经验使之变得不确实的那些假定，而它们完全在于理性地归约推论。”

因此，一切自然知识的首要问题是发现最简单和最可靠的观念或原理。按照笛卡尔的意见，这些“乃由直觉给出”，即“由明晰的和注意的心灵在理性之光下产生的那些无疑的概念”给出。作为这种直觉的例子，他引证说：“每个人都能直觉到这样的事实：他存在着，他在思维；一个三角形仅由三条直线围着；一个球由一个表面围着，如此等等。”当遇到一个比较复杂的问题时，正确的途径是把它分解成为它的各个最简单的元素，依靠直觉确信每一个这种元素，然后从它们出发进行演绎推理。在他的《心灵方向的规则》中，笛卡尔未试图探究直觉，而在他的《方法谈》中则表现出一种比较复杂的态度。

在《方法谈》中，笛卡尔通过应用方法论的怀疑这种严格的考验来寻求知识的可靠出发点。通过对一切可能加以怀疑的事物提出疑问，他希望能找到不受任何怀疑的东西。一时间，一切看来都屈服于怀疑。不仅传统的信仰，而且公认的观念，甚至直接观察的事实都可能只是幻象或者梦境。然而，他最后发现了无可置疑的东西即怀疑本身。进行怀疑的他，不可能对他的怀疑发生怀疑。于是，怀疑是思维，而思维意味着思维者。因此，*cogito ergo sum*，“我思故我在”。于是，这个无可置疑的确实性被用作为他的逻辑(645)杠杆的支点，以升起真正自然知识的体系。这终极的确实性之秘密何在呢？它在于信念的清晰性和明确性。它是不可能加以怀疑的终极直觉。然而，这意味着，凡是以类似的清晰性和明确性来理解的东西都必须认为是真的。因此，一切清晰明确的直觉都可以认为是真的；从它们出发进行的演绎也是如此，倘若这演绎的每一步都象那初始直觉一样清晰明确的话，即使最终的演绎和原始的直觉间的连系是基于记忆而不是基于清晰明确的理解也无妨。笛卡尔隐含地认为真的那些终极直觉之一是普遍因果原理，即万物都必定有一个原因，而这原因必定至少同其结果一样丰富。借助这条原理，他从他自己作为

一个思维实体的存在，以及他具有认为上帝是无限地优越于他自己的一个完善实体这种上帝观念，推进到作为这个思维者和这个观念之充足原因的上帝存在。而不会把这个思维者（笛卡尔）引入歧途的一个完善上帝之存在，他推出清晰地知觉到的一切事物的实在性。以这种方式，笛卡尔确立了他自己对外部世界的存在所感到的满意。与通常从这个世界的存在推出上帝的存在这种程序相反，笛卡尔从上帝的存在推出这世界的存在。

然而，笛卡尔的论证似乎已经把他带得太远了。如果人类知觉的可信赖性来源于上帝的真实性，那末，错误和幻觉等事物是怎么会有呢？当着笛卡尔说，错误的产生是由于忽略了这样的告诫：理解应当清晰明确，然后才能相信之，他便碰到了这个困难。当判断超越理解时（情形常常是这样），错误就发生了。因为在笛卡尔看来，判断是一种判定的行动、意志的行动。人的意志是自由的、无限制的，而人的理解是严格受限制的。

并且，理解的清晰性和明确性不仅是事物实在性的检验标准：它们也指导怎样确定事物的真正特性或性质。所以，对于思维来说清晰明确的外部的或物质的客体所仅有的性质是，它们的三维广延和它们的运动。因此，事物的这些所谓第一性的或数学的性质是客观地实在的。另一方面，象颜色、气味、滋味等等性质即所谓的第二性性质都不是可以清晰地加以思考的，因而都不是事物的客观性质，而仅仅是感觉性质，后者是赋有感官的生物在物(646)理客体由其第一性性质作用于感官时所产生的主观经验。因此，笛卡尔明确地采纳了第一性性质和第二性性质这种区别，它是古代原子论者提出的，为近代的伽利略、培根、伽桑狄和其他人所复活。笛卡尔认为运动不是物质的一个固有性质，而是一种单独的创造物，它在数量上是恒定的，任意地同物质相结合，以符合于一定的规律。因此，在笛卡尔看来，物质实际上等同于广延，即乃是三维空间。因此，他的数学方法论采取数理物理学即力学的形式，这多少是仿照伽利略的方式，而不象霍布斯那样极端。笛卡尔把物质看做为广延的一个结果，他认为物质世界是充实的，即否定真空，因为空间是连续的。另一个结果是他拒斥原子，即终极不可分的粒子，因为甚至空间最微小的部分理论上也是可分的。第三个结果是他承认物理世界的统一性，因为整个空间是一体的。这几个论点有些现在必须作一番比较详尽的考查。

如果物质是广延，而广延是连续的，那末，那些明显分离的物体是怎么产生的呢？笛卡尔认为，正是它们的运动导致我们区分开单独的物质粒子。广延的无论哪个部分，在总合地运动时，看来都象是一个单独物体。因为没有真空，所以一个物体的运动必定立即为其他物体的运动所继起。他解释道：“为此，所有运动着的部分根本不必排列成一个正圆，尺寸和形状也不必相同，因为这些方面的不均衡性可以为其他不均衡性所弥补。我们通常不会在天空中看到这些圆周运动，因为我们习惯于认为天空是空虚的地方。可是，如果我们观察在一个水盆中游的鱼，那末我们便看到，如果这些鱼没有太靠近这水盆，那末它们不会激动盆的表面，即使它们以很高的速度在水盆中游过。由此显见，它们所推动的在它们前面的水，并不是一视同仁地推动盆中所有的水，而是只推动能最好地服务于完成鱼的运动之圆周、进入它们所腾出的地方的水”（TheWorld, Ch.1V）。这样，笛卡尔达致了他的涡旋理论。

图 312—笛卡尔的涡旋

笛卡尔作过两个尝试，来解释物理世界由广延和运动“通过渐次的和自然的手段”而形成。第一个是在《宇宙》之中，他勇敢地宣称：“给我广延和运动，我将造出这个世界。”第二个是在他的《哲学(647)原理》之中。他的阐释简述如下。因为物质世界中是没有真空的。所以物体唯一可能的运动是圆周运动或涡旋运动(图 312)。当上帝把运动赋予物质时，不计其数一切形状和尺寸的物质涡旋便以各种速度开始运动。密包物体的运动所引起的摩擦从许多这种物体上磨掉精细微粒，使它们变得光滑而呈球形。这些精细微粒即磨擦物构成“第一物质”即最精微的物质，后者趋向于每个涡旋的中心，在那里形成自发光的太阳和恒星。由于磨擦而同“第一物(648)质”分离的那些光滑的球状粒子构成“第二物质”，后者趋于离开涡旋的中心，沿直线向周围运动，形成透明的天空，发送发光星球的光。还有更粗糙的“第三物质”，即由原始粒子抵抗一切为摩擦所引起的损失而形成的极大块团；所有不透明的物体，诸如地球和其他行星及彗星都由它构成。笛卡尔试图利用这个涡旋理论来调和哥白尼的天文学和《圣经》的教义。因为象每个其他行星一样，地球静止在它的涡旋之中，因而相对于涡旋是驻留的；但这涡旋围绕太阳运动。在他的《哲学原理》中，笛卡尔把行星和彗星的形成解释如下。随着一个涡旋的精细微粒通过旋转着的球状粒子间的间隙，它们被捕获，形成沟道并扭绞起来，而当它们到达涡旋中心的恒星物质时，它们在其上形成壳或“太阳黑子”。这有时引起这恒星的膨胀力减小，因而为另一个涡旋所压倒。如果这带硬壳的恒星的速度和这入侵的涡旋的某个部分的速度相等，那么这恒星将留在那里，继续在该涡旋中旋转。在这种情形下，它是一个行星。但是，如果这带壳的恒星的速度大于入侵涡旋的速度，则这恒星将离开该涡旋而进入另一个涡旋，继续在涡旋之间漂游，并将称为着星。太阳系的各个行星就是已为太阳的涡旋所席卷的那些带壳恒星及它们各自的涡旋。

笛卡尔把这种机械论的解释模式应用于生物体和无生命物体。他甚至把人体也看做主要是一具自动机构即“地上机器”。哈维对血液循环的机械过程的论证，更助长了这种倾向。作为对人体机构的通俗说明，笛卡尔利用了下述类比。他写道：“你们可能已在我们皇家公园的洞穴和喷泉中看到，水从其源头流出而运动时所产生的简单的力，足以按照水的传送管的不同配置驱动各种机器，以及使仪器演示或表达出指示。所以，完全可以把我现在所描述的这种机器的神经同这些喷泉的机器的水管相比较，把肌肉和(649)腱同驱动机器的其他发动机和动力相比较，而把动物精气〔即血液最精细、最有生气的部分〕(心脏是它的源泉，大脑的腔窝是它的贮存器)和推动机器的水相比较。另外，对这机器来说是自然而又惯常的、依赖于〔动物〕精气流动的呼吸和类似动作，都同〔水〕钟或碾磨机的运动相似，其中水流通常持续不断。外界客体以其出现而作用于这机器的感官，从而决定它按照大脑各部分的意向而沿不同方向运动。这些外界客体可以同闯入一个有许多喷泉的洞穴的外来者相比，他们自己无意中引起了那些他们所目睹的运动。因为一旦进入，他们便踩着一些砖片或者地板，而它们是这样配置的，以致当他们走近正在沐浴的狄安娜时，他们便惊动她躲避到玫瑰树中，而当他们试图追踪她时，他们便招惹尼普顿跑来用他的三叉戟恫吓他们。当他们朝另

一个方向行进时，他们就致使一个海怪跳出来向他们脸上喷水。……为了理解作用于感官的外部客体怎么能激励大脑，以致全部构元被驱使朝成百上千方向运动，我们可以设想，产生于大脑内部并形成神经髓的那些纤细的线是这样地配置在一切作为感觉器官的身体部分之中，以致它们可以容易地为感觉的客体所驱动，并且一当它们被驱动，即使非常轻微，它们也会拉动大脑的那些它们由之发端的部分，从而在大脑内表面上打开一些微孔。脑室中的动物精气通过这些微孔进入神经，再进入肌肉，后者完成当我们感官如此受作用时所引起的那种运动。例如，如果火靠近了脚，那末，火的微粒……便驱动脚的皮肤，并通过位动附着于这皮肤的细线，这些微粒打开这细线末端所抵性的微孔，恰如拉动一根绳索的一端，就能在其另一端打响一只铃”（L'Homme, Part II）。

然而，物体甚至生物体的机械论解释并不完全正确。因为除了物质的即有广延的物体之外，还有别的实体，这就是精神即例如居住在人体之中的思维实体。与霍布斯完全不同，笛卡尔在精神和肉体之间划一道截然分明的界线。由于受宗教教育的影响，他这样对立地认识它们：无论他对一者断定什么，他总是否定另一者，除非两者都是上帝创造的。上面已经提到过这种对立的一个结果。既然精神本质上是主动的，那末肉体就必然本质上是惰性（650）的，因而运动也就不可能是物质的一个固有属性，而只是上帝加给它的东西。这对立的另一个结果是产生了这样的问题：即使把低等动物看做仅仅是自动机，又怎么来解释在人类的情形里，精神和肉体之间的明显的相互作用。笛卡尔试图克服这个困难，他的方法是假定精神在“处于大脑实体中央”的松果腺中同肉体相接触，从那里“它借助动物精气、神经甚至血液而辐射到肉体其余部分。”回到皇家公园中的机械玩意儿的类比，他把驻留在大脑松果腺里的精神或灵魂的功能比做“喷泉工，每当他想开动、停止和变换机器时，他必须置身于所有机器管子都从那里出发的水池之中。”更为具体地，笛卡尔还认为，松果腺只需要最低限度的影响来使之产生某种倾向，并且“动物精气”极其精细，几乎是非物质质的。不过，他无法一以贯之地解释人的肉体 and 灵魂之间的明显的相互作用。作为最后一着，他和他的追随者即所谓的“偶因论者”只能诉诸神的干预——肉体中偶发事件的产生是给神向精神的交流以及相反过程提供偶因。因此，笛卡尔的哲学最后终结于两个独立的世界，它们分别由物质实体和精神组成，两者由上帝的超自然干预以某种方式维系在一起。

斯宾诺莎

别涅狄克特·德·斯宾诺莎（1632—77）出生于阿姆斯特丹，祖上是来自葡萄牙的犹太难民。父亲和祖父都是富商，在犹太社会里一直居于上流地位。别涅狄克特就读于犹太学校，课程包括犹太哲学家的著作以及《圣经》，还有希伯来文献。课余他学习各种语言，包括荷兰语和拉丁语，也许还学了一点法语、德语和意大利语。他在家里和学校里使用的是西班牙语。1656年，由于据说他持异教观点而被犹太教会革出教门。他的父亲死于1654年，母亲在那之前很久便已死去。因此，斯宾诺莎对犹太社会失去了依恋。他的生计靠时而在学校教书，时而当私人教师来维持，但大部分时间靠他以极其精湛的技艺研磨光学镜片来维持。他的朋友和熟人大都是类似公会会教徒的

大学生派和笛卡尔派。他们中(651)的一部分形成了一个在他指导下的学习小组。他们每人给他 500 弗罗林年金，但他至多只肯收 300 弗罗林。1660 年，他迁到大学生派总部所在的莱顿附近的莱茵斯堡。1661 年，未来的皇家学会秘书奥尔登伯格在那里拜访了他。在这里他还结交了斯特诺和其他人。1663 年，他又迁到海牙附近的伏尔堡，在那里他结识了语言学家福修斯以及克里斯蒂安·惠更斯和其他人。同年，他发表了对笛卡尔的《哲学原理》第一和二篇的几何学上的说明，同时还有一个称为《形而上学思想》(Metaphysical Thoughts) 的附录。斯宾诺莎不是笛卡尔主义者，但他不得不教授笛卡尔的哲学。

图 31—别涅狄克特·德·斯宾诺莎

这时，他已经写作了大量他自己的哲学，即他的《上帝、人及其幸福短论》(short Treatise on God, Man and his Well-Being) 他的《知性改进论》(Treatise on the Improvement of the Understanding) 和他的《伦理学》(Ethics) 的第一篇。1665 年，他最重要的著作《伦理学》接近完成。但是，情势不利于它的出版。在加尔文派教士和君主主义者的影响下，不容异端的气氛甚嚣尘上。因此，斯宾诺莎产生了一个念头，就是写作一部著作来捍卫思想和言论自由，驳斥所谓的《圣经》支持教士干预世俗和政治事务。1670 年，他的《神学政治论》(Tractatus-Theologico-Politicus) 匿名出版，结果引起轩然大波，以致斯宾诺莎打消了再出版任何著述的念头。但是他仍继续写作。这年，他迁到海牙，在那里终其一生。1673 年，法国军队驻扎在乌得勒支，斯宾诺莎应邀到那里拜访孔代公爵。在征询了一些有影响人士的意见之后，斯宾诺莎想望促进和平事业。但结果枉费心机。同年，他还被聘为海德堡大学哲学教授，但他谢绝了。到海牙拜访斯宾诺莎的显要中有特席尔恩豪斯(1675 年)和莱布尼兹(1676 年)。斯宾诺莎死于 1677 年 2 月，终年 44 岁。他的《遗著》(Posthumous Works) 由朋友在极其秘密的情况下编印，征这年以拉丁文和荷兰文作为牙科学士的著作出版。

斯宾诺莎的哲学可说是最充分地表达了那种自我独立、不受任何“权威”帮助和牵制的近代思潮。它还庄重地表现出对自然界的新的友善态度和对超自然的需要的日益增长的怀疑。它不仅充满热情，而且还严格合乎理性，同时又焕发道德的光华。它达到了统一，但其途径不是忽视任何似乎确有权利要求实在性的事物，而(652)是依赖它的总括万殊的广包性。在斯宾诺莎看来，实在世界是一个实在的宇宙，一个总括万殊、紧密联系的宇宙，在其中，物质、精神、人和神都各得其所，一切都不是变幻莫测的或者随机偶发的，而是万物都井然有序地符合于万古不变的规律。

斯宾诺莎产生这种信念的方式可以简述如下。为了理解任何客体或事件，必须参照无数同它相联系的其他客体或事件；而它们每一个又都依赖于无数他者。每个有限的客体或事件都伸出无数根卷须，以大量源泉获得支持，沿许多方向传播影响。整个实在能否仅由这种依赖的事物和事件组成呢？不能，作为一切依赖的东西之基础，一定还存在某个自在的、独立的或绝对的神在。然而，斯宾诺莎并未象通常那样把实在的这个绝对基础看做造物主，后者一下子以他任意选择的方式赤手空拳地创造出世界。斯宾诺莎拒绝把上帝看作由类似然而不同的链环组成的因果链的所谓最后一环的观念。他宁可把实在的整个系统看做是它自己内在的基础，看做既是自然又是上帝。这没

有给超自然留下地盘；它也不需要超自然的干预来把精神和物质联系起来，因为自然既是精神又是物质。因此，斯宾诺莎的哲学是泛神论的、自然主义的和理性主义的。它的泛神论在于主张上帝就是一切（即宇宙全体），而一切都是上帝。它的自然主义在于它通过把自然提高到宇宙的水平并把它们两者同上帝相等同，从而逐出超自然。它的理性主义在于拒斥一切任意的、变幻莫测的或者仅仅偶然的的东西，还在于力主规律和秩序普遍存在于宇宙，甚至在人还没有成功地发现它们的地方，它们也存在。现在人们通常都错误地把自然主义和唯物主义视为同一。象霍布斯那样的唯物主义无疑是自然主义的一种形式；但不是唯一的形式；斯宾诺莎的自然主义肯定不属于唯物主义，因为它不仅承认而且强调上帝、精神和物质的实在性。斯宾诺莎哲学的总轮廓就是这样。接下来必须论述一下它的细节。

斯宾诺莎用实体、属性和样态这三个术语来描述宇宙的构造；但是他以一种独特的方式使用这些术语，我们必须谨慎对待，因为如果从含糊不清的通常意义上去理解它们，那么只会造成混淆和误解。斯宾诺莎本人在两种略为不同但密切联系的意义上使用实体这个术语。不过，解释了这个差别，便可弄清楚他的主要论点。(653) 他说的实体，一般是指独立于任何其他事物的自在的实在。例如，按照斯宾诺莎的意见，如果不假定有某种自在的物质或者说物理力，它在空间发生的一切变化中显露自己，那么，就无法理解物理客体 and 事物。斯宾诺莎仿效笛卡尔，把这种物理力即一切物理现象的终极基础称为广延，而起先曾把它说成是一种实体。同样，如果不假定有某种自在的永恒意识或者说精神能，那末也无法理解瞬变的精神经验。斯宾诺莎把这种精神能称为思想，而起先他也把它说成是一种实体。所以这样称呼这两种实体，是因为这两者都不能还原为另一者——每一者都有资格存在。然而，在人的生活中，肉体和精神看来非常密切地相联系，因此斯宾诺莎感到必须把广延和思想看做不是分离的实体，而是构成一个有机的整体或系统。为了表达这种观点，斯宾诺莎现在把实体这个术语限制于整个系统，而把属性这个术语用于广延和思想。他还把这两者都看做是特种无限，广延是一切物理现象的包罗无遗的基础或母体；而思想是一切精神经验的母体。不过，实体现在认为是绝对无限，即认为是一切实在的包罗无遗的基础或母体，是全部“属性”的系统。”按照斯宾诺莎的意见，这些“属性”不是实体的性质；它们是或者说合在一起构成整个实体。因此，他使用了“实体或属性”这措词。实体正是整个属性体系；除了广延和思想而外，可能还有其他属性，广延和思想仅仅是人类两个已知的属性。斯宾诺莎在“完全”的意义上使用术语“无限”，因此他把实体说成是由无限多个属性组成，其中每个属性都是特种无限，而实体是绝对无限且是一体的。这样，斯宾诺莎的特殊意义上的实体结果也跟上帝（他通常也被说成是实在的无限基础）以及跟自然或宇宙相等同。

因此，上帝、自然或实体是一切宇宙实在的终极基础或母体。并且在斯宾诺莎看来，实在本质上是活动——存在就是活动。因此，实体一刻不停地在活动，每个属性都以一切可能方式运用它的特种能。物理世界的一切客体和事件都作为广延的样态（状态或变态）而产生；一切精神和精神事件都是思想的样态。样态不是由属性作为外部产物“抛出”，而是属性的内在状态，正如气波是空气(654)的状态一样。然而，属性并不作为有限的样态直接表现出来，而是通过中间阶段间接地表现出来。伽利略和笛卡尔的物理学引致

斯宾诺莎把全部物理现象看做是恒定储备的运动（或者运动和静止）的形形色色表现。然而，斯宾诺莎以其惯有的谨慎而猜疑，运动或许只是物理能的若干类型之一种。因此，他未把广延视为和运动同一，而是把运动说成是广延的一种无限的和中间的样态——无限是由于穷尽了运动的全部有限样态，而中间则是作为广延的直接表现或表达。另外，“〔物理〕世界作为一个整体的面貌”保持某种同一性，尽管在细节上有无数变化。然而，这是运动守恒的结果。因此，斯宾诺莎把它说成是广延的一种中间的即间接的样态；但它是无限的，因为它包括一切可以还原为运动的事物。日常经验的物理现象是有限的，因为每个现象都为其他有限样态所限制或束缚。这种限制在性质上基本上是消极的——每个有限样态所以是有限的，正因为它并非同时也是其他有限样态。但是，每个样态都是积极地实在的，终究是属性的组成部分。思想这个属性和其他属性的样态亦复如此。整个宇宙被认为是一个无所不包的动力学系统，它的各种属性是若干条“世界线”，宇宙沿着它们在无限多样的事件中表现自己。

斯宾诺莎认为广延和思想是实体的两个并存的属性这种观念，对肉体 and 灵魂的关系作了新的理解。上面已经表明，肉体 and 灵魂的关系是笛卡尔主义者极为关切的一个问题，但他们从未真正令人满意地解决过它。也许正是出于克服这个困难的企图，斯宾诺莎产生了并存属性的观念，这就解释了内体和灵魂明显的相互作用，而又不把肉体 or 灵魂搪塞过去，也不诉诸超自然的相互作用。因为在斯宾诺莎的宇宙图式中，人是上帝的一个有限样态，因此同时带有广延和思想这两个属性，同时以内体和精神这两种方式起作用。这样地解决该问题，使斯宾诺莎认为，一切物体都有生命，尽管程度不等。斯宾诺莎正是抱有这个观点。

斯宾诺莎的宇宙哲学还从与之密切相关的他的认识论受到启发。因此，这里必需作些说明。斯宾诺莎把知识分成三等。他把(655)最低等的知识称为“意见”。它是前科学性质的，认为客体和事件是分离的，看不到它们的联系和规律。第二等称为“理性”。它是科学地洞察事物和事件的关系和规律的阶段。它相当抽象：它追索实在这种织物的一根根纱线，但未能理解其整个花样；它寻踪“世界线”，但没有想象到宇宙。斯宾诺莎把最高等的知识称为“直觉”。它把宇宙体系作为一个整体来把握。它不是低等知识的想象的替代物，而是它们的顶点。这三个阶段可以同获得一种新语言的知识的三个阶段相比拟。第一阶段是学习字母表上的单个字母；其次，它们组合成单词，而单词接一定的语法规则组合成句子；在最后阶段，可以从整节、整章或整篇文学作品的整体领会它们的意义。宏大的自然之书也是这样。首先是知觉明显孤立的事实和事件；其次是理解它们的关系和规律；最后是对整个宇宙的构造和意义的直觉——万物是上帝的想象物，以及上帝是万物的想象物。

就前两个等级的知识而言，重要的是认清斯宾诺莎区别“意见”或知觉和“理性”或理解的方式。他认为印象或表象迥异于观念或概念。因此，他力主，“我们不可能产生上帝的表象，但我们能够产生他的概念。”概念同表象毫不相干；概念是一种把握联系的活动——他力陈，观念是活动，不象那些油画板上的无生命的绘画。甚至它们的规律也不相同：知觉和想象遵循联想的规律；概念或理解则遵循逻辑的规律。这说明他拒斥培根的经验主义。对特殊本身的观察，不可能引出关于它们相互联系的规律。科学规律即普

遍的科学真理的基础，说到底不是同知觉对象的对应，而是它们在一个真理系统中的一致性。检验真理的最后标准不止是真实，且还是一切已知东西的和谐。谬误由于共同已知的东西不一致而暴露出来。事实上，斯宾诺莎所以喜欢说观念的恰当性，而不喜欢说它们的真理性，正是为了避免使人想到外部的对应。概念这种领悟联系的活动，就其真正有助于使某个领域的事实臻于系统化而言，是恰当的。只有当一个人产生了恰当的概念，他才能这样地领悟事实：看到这概念也是真的，即同这些事实相符。最后，就最高等知识而言，值得提一下斯宾诺莎对它的宇宙意义的评价。(656)在斯宾诺莎看来，这种知识不止是培根意义上的力量。它是生命。因为它是手段，可用以把生命的种种活动这样维系起来，以致它们可以构成一个谐和的统一体并在宇宙体系中取得其适当位置。这样，达致这种最高等知识的努力便成为宇宙赖以维持其统一的那些宇宙活动的一部分。因此，它是上帝生命之一部分。

洛克

约翰·洛克(1632—1704)出生在萨默塞特郡的灵顿，就读于伦敦的威斯敏斯特学校和牛津大学的克赖斯特彻奇学院。他出身请教徒，曾想望成为牧师。但是，他日渐热爱自由和宽容，因而终于放弃这个念头，转而热衷医学。这样，他同西德纳姆和玻义耳有了接触，受到他们的经验主义的影响。1667年他迁到伦敦，后来的十五年里他一直随阿什利勋爵即后来的舍夫茨别利伯爵住在埃克塞特宫，当他的机要秘书。1670年，正是在这里，洛克制定了撰写《人类理智论》(Essay Concerning Human Understanding)的计划，这部著作他花了二十年才写成。1675年起，英国的政治纷争逼使洛克长期亡命海外。他在法国度过三年，在荷兰度过五年。最后他在1689年，约在奥伦治的威廉登基三个月后，和玛丽公主同船回到英国。1685年，他发表了《论宽容的信札》(Letter on Toleration)和《政府两论》(Two Treatises on Government)。1690年，他的《人类理智论》终于问世。1691年，他到埃塞克斯的奥茨马诺尔同弗兰西斯·马沙姆爵士一起生活，在那里终老。马沙姆夫人是他的朋友拉尔夫·卡德沃思的女儿。这最后十五年里，他大部分时间从事著述，包括一些经济和神学论著；有四、五年里他还当过商务部的专员，他凭这资格常常访问伦敦。洛克的声名主要来自他极端忠诚于真理以及敏锐地看出人类知识的局限性。他写道：“为真理而爱真理，乃是人类在这个世界上达于极致的主要部分，也是一切其他德行的温床。”这常常成为盲信的口实。但是，由于他洞察了人类知识的局限性和许多人类信念的可疑性，因此他摆脱了盲信，并主张宽容。

图 314—约翰·洛克

洛克对他的哲学的动机解释如下。在他居留埃克塞特宫期(657)间，“五、六位朋友”一直定期聚会讨论“道德和宗教的原则。他们很快由于每一方所引起的困难而陷于僵局。”因此他感到：“在我们着手进行这种探索之前，必须先考查一下我们自己的能力，看看我们的理智究竟适合应付哪些对象。”因为，如果“让他们的探索超出他们的能力”，人们就只是“提出问题，众说纷坛，永远不会达到明确的解决。这些都徒然地保留并增长他们的疑问，最后使他们更坚持彻底的怀疑论。”这是在1670年，接着“由于偶然的机

有人继续提出这要求，于是就写了一些不连贯的片断，在荒疏了很长一段时间后，由于心境好，时间也容许，就又执起笔来。”这最终的结果就是他的《人类理智论》(1690年)。洛克的方法是清查人类的“观念”，追寻它们的起源和发展。他说的“观念”是指任何种类的认识，在这个术语比较通常的意义上包括感觉和知觉以及概念或“观念”。

首先，洛克否定“天赋观念”的存在。笛卡尔和有些英国新柏拉图主义者例如彻伯利的赫伯特和亨利·莫尔都认为，人有某些天赋观念——例如上帝的观念。他争辩说，许多人根本没有这个观念，而其他人的上帝观念也是各式各样。其他所谓天赋观念或原则，也是这样。因此，他得出结论：“心灵中是没有天赋观念的”，人类的心灵最初象一张白纸，等待经验在它上面书写，或者象一间暗室，等待光线给它带来视力。换句话说，观念完全取决于经验。洛克对天赋观念的攻击，在很大程度上完全可能是由于这样的事实引起的：形形色色的纯粹成见惯于冒充“天赋的”信念。

为了支持他主张的一切观念归根结蒂都起源于经验这个论点，洛克区分开简单观念和复杂观念，并声称一切复杂观念均由简单观念构成。因此，只需要证明简单观念起源于经验。他提出，简单观念以两种方式之一产生，即或者从感觉或者从反省产生，这就是说，或者从外部知觉或者从内部知觉产生。当物体刺激感官时，产生“感觉观念”。“反省观念”的产生则是心灵理解它自己的与感觉观念有关的活动的结果。因此，心灵被认为既具有反省的能力，而且也具有把简单观念组合成复杂观念的能力。但按照洛克的意见，全部心灵观念的内容最终都受人类感觉范围的限制。(658)在他遍举完人类观念之前，洛克不得不承认，心灵甚至能够发明它自己的观念，它们不止是简单观念的复合。不管怎样，人类理智究竟能够要求拥有哪种知识呢？洛克从这样的格言出发：任何不能追溯到简单的感觉和反省观念的信仰都不得看做是客观事实的知识。这种态度使他成为经验主义哲学家。但是，他没有一以贯之地坚持这种态度。

至于我们关于外部客体的知识，它的基础当然在于感觉观念。于是，在洛克看来，这些观念具有双重性质。一方面，它们是直接经验；另一方面，它们被认为是表示“事物”，而事物亦即外部或物质客体，并不是观念。能否肯定感觉提供实在事物的知识呢？象他的同时代人一样，洛克区分开第一性的性质和第二性的性质，即他所称的“物质的原始的或本质的性质”和“派生的性质”。第一性的性质有体积、广延、形相和运动。它们是量而不是质，同物质不可分割，而且“不管有没有有感觉的存在物知觉它们，它们都将实在地按其原样存在于世界”。而第二性的性质则不是事物的物理性质，如果没有有意识的存在物知觉它们，它们就不存在，“除非可能作为第一性性质的未知样态，或者不是这样的话，作为某种还是比较朦胧的东西”。第二性性质之还原到纯粹经验，同洛克思想的整个倾向相当一致。可是，为什么应当把第一性的或数学的性质看做是客观的、独立于经验的呢？洛克说，它们类似于我们所具有的关于它们的观念。可是，怎么能知道这一点呢？谁能把他的“感觉观念”同据说由它们表示的那些客观性质相比较呢？并且，洛克认为物质事物即实体的实在性乃是第一性性质的支承，尽管他无法把他的复杂观念追溯到任何简单的经验观念；他还承认，它们是模糊的，我们无法知道实体的“真正本质”。贝克莱和休谟很快就抓住了他的经验哲学中的诸如此类的弱点。

至于我们的心灵知识，洛克自然谨慎地承认精神经验本身的实在性，认为我们利用“反省观念”来获得关于它们的知识。但是。这里当他承认心灵、灵魂或者精神实体作为据说的经验负荷者的实在性时，他又超越了他所自称的经验主义的界限，尽管他坦率地(659)说，他说的物理的或精神的“实体”所意指的“只是对我们所不知道的东西的一种不确实的假定，”并承认，我们无法肯定灵魂究竟是精神实体还是具有思维能力的物质实体。

洛克之承认实体和物质第一性性质的实在性，归根结蒂是基于他对因果关系这个范畴的认识。可是，支持这种原因或主动力量的观念的经验理由是什么呢？他承认，它不是感觉观念，而约瑟夫·格兰维尔(1636—80)在《教条化的虚夸》(The Vanity of Dogmatizing)(1661年)中已经指出，所观察到的是序列，不是因果联系。然而，洛克主张，因果关系是从“我们对我们的自己的自发力量的意识”导出的反省观念，它为物理现象的解释提供了类比，而这些现象因而也就易于理解了。洛克正是用因果关系这个范畴证明作为一切存在着的事物的第一原因的上帝之存在。

上述种种考虑自然导致洛克对人类知识作出十分克制的评价。因为我们没有天赋观念，所以人类知识仅有的泉源是感觉观念、反省观念和这两种观念的结合。又因为我们绝不可能肯定感觉观念在多大程度上真正表示外部客体，所以许多公认的信念是信仰的问题，而不是真正知识的问题。虽然洛克坚持认为，我们每个人都对他自己的心灵或灵魂有直觉的、不可抵制的知识，但他还是承认，我们不知道它的本质是什么，甚至不知道它究竟是物质的抑或不是物质的。同样，他还坚持认为，我们对上帝的存在有论证的知识，但又承认，关于上帝的本性却一无所知。他还接受物体或实体的实在性，但又承认，关于它们的“真正本质”一无所知，只知道它们是某些第一性性质的集合，甚至这些也不能认为是绝对肯定地客观的。由于这些原因，所以尽管洛克认为数学和伦理学提供真正的知识，但他在此所依靠的根据却似乎是自相矛盾的：这些学科只研究观念本身之间的关系，而不涉及观念以外的实在。物理学宣称研究物体的本质客观的性质，就此而言，洛克对物理学非常怀疑。牛顿的《原理》出版后过了三年，对他的这位伟大同胞和同时代人的天才赞赏备至的洛克表示，“倾向于怀疑，一门关于物体的科学是否超出我们力所能及的范围。”洛克教导的最后结果是(660)阻拦关于宇宙的雄心勃勃的猜测。这种态度在一定程度上促使人们顺从作为一种信仰的传统神学。它还鼓励按严格经验的精神进行科学探索。但是，洛克观点最可宝贵的实际成果是劝阻任何盲信和由此而产生的偏狭。

莱布尼兹

图 315—戈特弗里德·威廉·莱布尼兹

戈特弗里德·威廉·莱布尼兹(1646—1716)出生在莱比锡，他在那里攻读法律。他在20岁时毕业于阿尔特多夫大学，并被聘为该大学的教授，但他回绝了。在转向注意科学时，他感到“被送到了另一个世界”。1672年，他作为外交使节前往巴黎，在那里会见了伽桑狄、惠更斯、马勒伯朗士和其他人。他还访问过伦敦，在那里他会见了玻义耳和皇家学会其他会员；以及荷兰，在那里他会见了斯宾诺莎。1676年，他被不伦瑞克公爵召到汉诺威任图书馆馆长。他还晋升到评议员的地位，常常从事处理法律和政治问题。

1700年，他参与领导建立柏林科学院的工作；但他仍留在汉诺威的任职上，一直到他逝世。他对科学的贡献尤其是他参与发现微积分，在前面一章里已经论述过。这里我们将仅仅简短介绍一下他的宇宙哲学。莱布尼兹最重要的哲学著作包括在下列几个英文译本之中：《单子论和其他哲学著作》(The Monadology and other Philosophical Writings)(R. Latta 译, Oxford, 1898);《形而上学论》(Discourse on Metaphysics)、《同阿尔诺的通信》(Correspondence with Arnauld), 等等(C. R. Montgomery 译, Chicago, 1908);《人类理智新论》(New Essays Concerning Human Understanding)(A. C. Langley 译, New York, 1896)。

莱布尼兹哲学的主要动机是为了替精神尤其是有限的精神即灵魂在宇宙中的实在性和意义辩护。他的广泛兴趣、乐观主义以及喜欢妥协，鼓励他尝试一种综合，所有各不相同的宇宙理论在其中可以在一定程度上相和谐。但是，主宰的因素是他崇尚精神。因此，尽管他承认与各个力学范畴(空间、时间、物质、运动)相应的客体是存在的，但他把它们看做是现象的，而不是终极的东西，即看做是借助表面上力学的工具来追求目的的精神实体的活动的表现。

在莱布尼兹看来，机械论哲学是把原子或类似的广延客体看做是终极实在的结果，他对这种观点提出了挑战。广延的东西决不可能非常小，因此是可分的，而可分的东西必定由部分组成，所以不可能是终极的实在。一切物质实体中真正本质的东西是力。力是存留在所有它们之中的东西，并且按照一定的规律保存在其中。而且，力是一种简单的、没有广延的和非物质的东西。一切物质的现象都是力的单元或中心的表现。如果物质真的是惰性的，那就不可能有运动，因为不能设想绝对静止的客体能够引起活动。事物必须看做是活动或力的单元的集合。这种活动的单元必定是心灵或精神性质的，而不是惰性的、广延的物质。莱布尼兹把这些活动单元称为“单子”，这个术语在布鲁诺甚至更早的著作中已经出现过。按照连续性的原理，他安置了无限系列的单子，它们表现出无限多样的发展程度，因此没有两个单子是同样的。甚至最低等的单子也有一定程度的意识或下意识；在人类灵魂所代表的这个阶段上，有自我意识存在。不过，可以同人类灵魂相类比地来认识低等单子，认为它们经历某种有意识的或下意识的活动。

莱布尼兹切望同时避免泛神论的和机械论的哲学，因此试图设想单子彼此没有直接联系，不能相互影响。他说道：“它们没有可以进出什么的窗户。”然而，他又不得不承认这有一个例外，即上帝，上帝被认为是最高单子或者说“单子中的单子”。上帝创造了所有其他单子，它们的创造过程则被描述为从上帝发出的过程。当然，这同连续性原理并不完全一致，这条原理不允许跳跃或间断；因为这个“单子中的单子”如此便被认为不仅在程度上与其他单子不同，而且在种类上也不同。并且，也还有个怎么解释其他单子之间的明显的相互作用的问题，如果这些单子“没有窗户”，那末，构成视在物体的发展程度低的单子的组合怎么会同称为人类灵魂的高等单子相互作用呢？他的回答是，单子实际上并不相互作用，但是每个单子都是独立的、自我充足的。然而，既然一切单子共同起源于单子中的单子即上帝，而一切单子在精神特征和活动上归根结蒂又都是相似的，因此，每个单子都在自身之中并按照其发展水平及其自身的局限性重复最高单子的经验。这样，有单子便是那么多的镜子，它们每一个都按照其自己的力量及其独特的位置

反映同一个终极实在（上帝）。因此，它们完全处于和谐之中，而彼此实际上不发生影响。这犹如无数个各式各样的钟都上紧了发条，由一个中央的钟用电定时；它们完全同步地走时，而又并不相互作用。换句话说，存在一种由上帝规划的“先定和谐”，因此每个单子在某种意义上都反映所有其他单子；这样，整个宇宙是从这个单子的观点来看的。

可见，莱布尼兹的哲学在一些重要的方面与霍布斯的哲学大相径庭。与后者把全部实在都归结为物质和运动的唯物主义相反，莱布尼兹坚持唯灵主义或者说唯心主义，它使全部实在由心理活动的精神中心组成。按照莱布尼兹的意见，物体的空间广延性和运动仅仅是由于最低等单子的活动的混乱性质所产生的现象。因此在莱布尼兹看来，空间和时间只是共存和次序的现象秩序——领悟的形式，而不是终极的或独立的实在。但是，象霍布斯在解释物质和运动怎么能产生心灵和心理活动上没有取得多大成功一样，莱布尼兹在解释心灵和心理活动怎么能引起物质和运动的现象时，也未取得什么成功。

象斯宾诺莎（莱布尼兹研究过他的《伦理学》的手稿）一样，莱布尼兹也强调实在的动力的即活动的特性。与洛克所主张的心灵是经验在其上打上印记的白板这种论点相反，莱布尼兹证明心灵本质上是活动的；事实上，洛克本人也不得不赋予心灵以超过他的初衷的活动能力。洛克和其他人的格言是“理智中唯有来自感官的东西”，而莱布尼兹正确地给它补充上“除了理智本身而外”这几个字。但是，莱布尼兹走到了霍布斯所主张的经验主义的另一个极端。因为，洛克否认一切天赋观念，而莱布尼兹出于他的“无窗”单子（它们的活动虽然是渐次的，但完全是内在的）概念，实际上把一切观念都归到天赋观念的水平，这些天赋观念并非总是从一开始就是清晰明确的（除了在上帝那里），而是从比较模糊的天赋知觉逐渐发展。

然而，归根结蒂说来，霍布斯没有成功地摈弃一个外部上帝的超自然干预而又把世界维持在某种统一之中，而莱布尼兹也不过尔尔。因此，跟布鲁诺和斯宾诺莎不同，莱布尼兹最后还是转归当时的传统神学。

(663) 莫尔

近代科学的机械论倾向尤其是霍布斯身上表现出来的那种极端形式引起了正统宗教人士的严重不安。因此，他们做了许多努力，或者试图抵制它，或者至少把它和基督教教义相调和。在这些信仰的捍卫者中间，从科学史的观点看来最令人感兴趣的是牛顿。然而，他在这些问题上的观点在很大程度上是受亨利·莫尔、罗伯特·玻义耳和伊萨克·巴罗等人的影响。因此，有必要先简述一下他们几个人的哲学观点。

然而，首先应当说明机械论科学所提出的那些特殊问题。利用关于物质和运动的数学定律来解释物理现象这种倾向以及由此而引起的拒斥神学解释和忽略事物的第二性性质的倾向包含一个崭新的方针。一方面，作为运动必要条件的空间和时间被赋予了前所未有的那么高的重要意义。另一方面，主要在于认识第二性性质的人的生活，似乎被降格到仅仅是幻觉，且不再是主要的考虑对象：它曾被认为存在于自然的体系之中。而且，长期来一直认为是宇宙万物运动的终极目标的上帝自己，看来也有失去其先前在世界所占居的地位之虞。

现在让我们来探讨一下上述这批思想家是怎么对待这些问题和其他有关问题的。

亨利·莫尔（1614—87）出生在林肯郡的格兰瑟姆。这位加尔文派教徒的儿子说，他实在无法“咽下那艰涩的关于命运的教义”。在剑桥大学的阿克顿学院度过三年以后，他又到弥尔顿刚在那里完成学业的基督学院。他学习了四年亚里士多德哲学，“在某种意义上，结果一无所获，所得的仅仅是怀疑论”。于是他转向注意新柏拉图主义者、德国神学诡辩派和犹太神秘主义者的著作。最后他加入了“自由派”，他们为宗教中的理性和知识探究中的宗教精神辩护，同独断论和不容异端说相对抗。他们后来被称为剑桥柏拉图主义者。虽然是个虔诚的宗教信仰者、神秘主义者和鬼魂巫魔的信仰者，但莫尔也对科学和哲学感兴趣，并被选为皇家学会会员。和他通信的人中有笛卡尔、范·赫耳蒙特、卡德沃思和格兰维尔。他死于剑桥大学，葬于基督学院教堂。他的主要哲学著作是《形而上学手册》（*Enchi-ridion metaphysicum*）（1671年）和《灵魂不灭》（*The Immortality of the Soul*）（1659年）。

图 316—亨利·莫尔

莫尔哲学的主要动机有三个方面。首先是他为了反对霍布斯 664 的彻底唯物主义而试图替精神或精神实体的实在性（和不灭）辩护。其次，他试图维护主张统一的世界观，据此，物质实体和精神实体不象笛卡尔的二元论所提出的那样截然分离；与这个论点密切相关地，他还反对笛卡尔把物质视为与广延同一，他倒认为广延本质上是非物质性的，对于物质和精神是共同的，是两者之间的一种连接。第三，他想力陈关于世界起源和指导的宗教观念的必然性。当然，莫尔并未把这些问题割裂开来，而是以种种奇特的方式把它们结合在一起。

在主张灵魂和精神是实体这一点上，莫尔和笛卡尔是一致的。但是，笛卡尔认为思想或意识是一个精神实体（*res cogitans*）的特征属性，而莫尔则主张，精神的本质是自我活动。有些精神是意识，就它们而言，意识被认为是自我活动的证据。但是也有活动的精神，尽管它们是盲目地和无意识地活动和努力。每个人都了解有自我活动的精神存在，因为他们直接意识到自我活动；莫尔认为这“是一个足够明晰的证据，证明自然中有无形体的东西存在”（*Ench. Met.*，XXV，7）。知觉的知识本身就证实了这一点，因为“动物的庸俗的物质微粒无论如何不能够进行象我们自我体验到的那些认识的操作和功能”（同上，XXV，1）。记忆、想象和思想等活动被援引来作为补充证据（同上，XXV，6）。至于人类灵魂或精神以外的东西的存在，莫尔这样证明它们的存在：存在许多不可能用机械论即不可能用物质和碰撞运动来解释的自然现象；而凡是非物质性的东西就必定是精神的。按照莫尔的看法，物体在自然中的结合、运动的起源和物理事件的有秩序的出现都只有诉诸自我活动的精神才能得到解释（同上，IX，4—13）。在确立了精神的存在之后，莫尔列举了许多不同等级的精神，从上帝到最低等的“可塑”精神即始原，这给当时的化学和地质学带来严重破坏。然而，我们这里就不必注意这些细节问题了。

(665) 按照莫尔的见解，精神是广延的。他反对笛卡尔，但同意霍布斯的观点：虽然一切物质都是广延的，但广延并不等同于物质，因为可以很容

易地想象离开物质的广延。莫尔同霍布斯一致的一点还有：凡是任何处所都没有的东西就是无。但他得出的不是霍布斯的结论：不存在精神，而是这样的结论：精神是广延的。他论证说，“因为取除一切广延等于把一个事物仅仅归结为一个数学点，而后者无非是纯粹的虚无或者说虚构实体，而实体和虚构实体之间是没有中介的，因此很清楚，如果一个事物是存在的，那末它必定是广延的”（同上，Ix，21）。所以，精神是广延的，能够自由地穿透物体以使它们运动；按照莫尔的意见，它还能随意收缩或膨胀。他试图按这种方式解释人的活动。灵魂能够从它在大脑第四室中的主要处所播散到整个人体，甚至超出一点，作为一种散发物；在为所欲为之后，它能够再收缩，局限在那个脑室之中。莫尔把这种精神膨胀和收缩的力量称为“致密”。

与这些据说发生在人体中的事相类比，莫尔认为物理自然是一个也充满一种精神即“自然精神”或“世界的普遍灵魂”的整体。莫尔复活了古代的 *anima mundi* [世界灵魂]，以作为物理现象的机械论解释的辅助或补充。象他的好几位同时代人一样，他也感到，许多物理现象不可能仅仅用物质和运动来解释——例如内聚、磁和电甚至重力。所有这些事实，他都试图用“自然精神”来解释，他把这种精神说成是“一种无形体的实体，但它没有好恶地弥漫宇宙的全部物质，并按照它对之起作用的那些部分中的各种预先存在的倾向和偶因而在其中发挥一种形成力量，从而通过指引物质的这些部分及其运动而使那些不能分解为纯粹机械力量的现象出现在世界上”（*Immortality*, III, xii, 1）。为了把这概念限制在科学的范围内，即为了防止那时流行的滥用（以便玩弄巫术和进行欺诈），莫尔进一步把“自然精神”限定为“到处都一样，而且对于同样的偶因，作用始终如一，就象一个头脑清晰、判断得当的人在同样的境况中总是提出同样的意见”（同上，III, xiii, 7）。然而，这整个宇宙秩序归根结蒂是上帝创造的。在上述同人体的类比中，“自然精神”仅仅对应于“动物精神”，而后者是灵魂的无意识的代表；上帝本身对应于灵魂，但他当然远不止于此，他是造物主，也是指导者。

(666) 因此，按照莫尔的见解，上帝在整个宇宙无所不在。接下来的问题是要确定上帝同空间和时间的关系。象已经指出的那样，运动在近代科学中的重要地位看来给予空间和时间都以一个新的独立存在的地位，即物质和运动的背景或舞台、测量一切运动的参考系。并且，虽然物质可以认为不在，但空间却不能作如是观，因为已预先假定在任何一种存在中它都在。在莫尔看来，空间确实有许多极其显著的属性。它是“简单的、不动的、永恒的、完美的、独立的、自我存在的、自我维持的、不可腐蚀的、必然的、巨大无垠的、非创造的、不受限制的、不可理解的、无所不在的、无形体的、渗透和包含一切事物的东西，它是必要的存在、现实的存在和纯粹的现实”（*Ench, Met.*, VIII.7）。因此，它必定是精神实体。并且，空间的这些属性都在通常归诸上帝的那些属性之列。因此，它必定是神性的。和马勒伯朗士不同，莫尔实际上并不把空间和上帝相等同，而是把空间说成是“神的本质或本质存在的某种相当混乱而又含糊的表示，就它不同于神的生活和活动而言。因为这些属性中没有一个是……看来涉及神的生活和活动，而只涉及神的纯粹本质和存在”（同上，VIII, 14）。可见，莫尔把空间等同于上帝的无所不在。这种空间概念必定可以在犹太人神秘主义文献中看到，其中把上帝描述为“世界的空间”（*Genesis Rabba*, 68, 9），还描述为“象灵魂占满肉体一样地占满整个世界”（*Leviticus Rabba*, 4, 8）。上面已经指出，莫

尔研读过犹太人的和其他形式的神秘主义。

巴罗

伊萨克·巴罗（1630—77）就读于查特豪斯公立学校、费尔斯特德学校和剑桥大学圣彼得学院。在赴法国、意大利和近东旅行之后，他于1660年就任剑桥大学希腊文教授。1662年，他成为格雷歇姆学院的几何学教授；1663年成为皇家学会会员；1664年任剑桥大学首任数学卢卡斯教授。1669年，他辞去这个职务以让他的学生牛顿接任。1672年，他被任命为剑桥大学三一学院院长；1675年，他当选为这个大学的副校长。他对数学科学的贡献上面有一章里已经介绍过。这里述及的比较思辨的思想主要包括在他的《数学演讲》（*Mathematical Lectures*）（1669年）之中。

巴罗看来受莫尔和其他剑桥柏拉图主义者的影响。他关于几何概念的观点本质上是柏拉图式的。完美几何图形的观念不是从(667)经验导出的，因为他问道：“有谁看到过或者凭感觉分辨出一条精确直线或一个完美的圆呢？”这些观念已经隐含在心灵中；图形和其他感官知觉对象仅仅是诱发明显地回忆起它们的偶因。他还持有这样的观点：实际上存在着包含在可感知客体之中的完美几何图形，尽管它们是看不见的，除非是用理性的眼睛。几何图形占居空间，而空间不能认为是独立于上帝而存在的。那么，空间怎么同上帝相关联呢？巴罗认为现存世界是上帝的造物，上帝是无限的和全能的，由此他断言，上帝能够创造另外的世界。因此，上帝必定超出或延伸到这个世界之外。所谓空间正是上帝的存在和能力。如上所述、这也是莫尔的空间观。然而，巴罗对时间和空间同样感兴趣。笛卡尔认为几何图形由运动产生，这种涉及时间和空间两者的几何图形概念使得时间的本质也成为数学家的紧迫问题。巴罗的时间概念同他的空间概念相类似。他写道：“正象在世界创建以前已经有空间，甚至现在在这个世界之外也有无限的空间（上帝与之共存）一样……在这个世界之前，以及和这个世界一起（也许在这个世界以外），也是过去和现在都有时间；既然在这世界产生之前，某些存在物〔上帝和天使〕能始终保持存在，那么，在这个能够这么持久的世界之外也可能有事物存在。……因此，时间并不标示实际的存在，而只标示永久存在的能力或可能性，正象空间表示一种介入量的能力。……不过，时间不蕴涵运动吗？我回答说，就时间的绝对的和固有的本性而言，它根本不蕴涵运动；它也不蕴涵静止；时间的数量本质上同运动和静止都无关；不管事物行进还是驻留，不管我们睡觉还是醒着，时间总是按其平稳的进程流逝着……尽管我们分辨时间的数量，并必定借助运动作为我们据以判断时间数量和把它们相互比较的一种量度”（*The Mathematical Works of Issac Barrow*, 1860, Vol. II, p. 160）。在巴罗看来，数学的异常清晰确实乃是作为上帝之无所不在和永恒的空间和时间的神性所使然。牛顿的绝对空间和时间的概念无疑同莫尔和巴罗的这些宗教观念相联系。

(668) 吉尔伯特

莫尔的空间概念和“自然精神”概念主要导源于早期的神秘主义和哲学；但是它也受到某些较近的本国影响的鼓励。其中主要是威廉·吉尔伯特。吉

尔伯特在磁学和电学方面的先驱工作上面已经介绍过。他致力于解释磁现象以及描述它们，这种努力导致他得出结论：磁是有生命的、类似灵魂的东西，事实上它在有些方面明显地优越于人类灵魂，这可以从磁作用具有屡试不爽的准确性和规律性，而相比之下凡人常常犯错误看出。既然地球产生磁力，所以地球必定有灵魂。吉尔伯特的泛灵论并不止于此。他说道：“我们认为，整个宇宙是有生命的，一切天球、一切恒星以及崇高的地球都从一开始起就受它们自己拥有的灵魂所支配，并有自我守恒的动机”（*On the Magnet*, The Gilbert Club, London, 1900, p.209）。借助它所发出的“光和精神的”发散物，磁灵魂或磁力能作用于遥远的客体。吉尔伯特的这个观点以及笛卡尔应用以太涡旋解释惰性物体的运动，这两者的结合使得“以太精神”的概念流行起来；“以太精神”本质上类似于莫尔的“自然精神”，用来解释超距作用以及那些无法用碰撞运动来解释的现象。

玻义耳

罗伯特·玻义耳对科学的重要贡献上面已经介绍过。这位富于经验的化学家和物理学家偶而也表现出有些倾向于莫尔的思想。但他比较谨慎，仅仅承认世界的行为“仿佛说明，宇宙中充满一种理智的存在物”（*Works*, ed. 1672, Vol. II, p. 39）。在他的化学和物理学研究中，玻义耳非常严格地遵循机械论解释的原则，所以当莫尔提出抽气机的作用不能用力学来解释时，玻义耳拒斥这种建议。但在处理他的专业领域以外的问题时，玻义耳有时沉溺于神学解释。例如，在他的《流动性和稳固性的历史》（*History of Fluidity and Firmness*）（§ xix）中，在谈到“鸭、天鹅和其他水禽”时，玻义耳解释说：“自然〔把它们〕设计得有时在天空飞翔，有时在水中生活，自然又有远见地使它们的羽毛具有这样的质地，以致象各种其他鸟类一样，它们也不吸收浸入的水，否则它们便不适合飞(669)行。”总之，他无疑需要对作为一个整体的物理世界作一种目的论的和神学的解释，即使它的各个部分可用机械论来解释。首先，这台宏大而有秩序的机器必须由一个智慧至高无上的、全智全能的造物主来设计和创造。并且，玻义耳指出，“世界的这个最能干的创造者和设计者没有抛弃与他如此相称的一件杰作，而是仍旧维护和保存它，并这样地调节这些巨大天球和其他硕大的尘世物质块团的极其迅速的运动，以致它们不会以任何明显的不规则性而扰乱宇宙这个宏大体系，使之陷于浑沌”（*Works*, ed. 1672, Vol. V, p. 519）。按照玻义耳的意见，奇迹不是不可能的。但是，世界通常不需要超自然的干预，因为“它象一台珍贵的时钟，例如在斯特拉斯堡就可能这样，那里一切都那么灵巧地达到这样的地步，以致发动机一旦开动，一切就会按照这设计师的最初设计进行下去”（同上，p. 163）。所以，玻义耳很倾向于一个内在有秩序的宇宙的概念，这宇宙不需要超自然的力量来不断修补。然而，就此而言，他远远落后于斯宾诺莎的内在宇宙秩序的概念。玻义耳落在斯宾诺莎后面究竟有多远，可以从这样一点看出。正当牛顿快要用一个宏大的概括（万有引力原理）囊括宇宙的一切物理现象——从苹果坠地到潮汐运动、地球形状、木星卫星的旋转、行星运动以及甚至彗星运动那种明显反复无常的运动时，玻义耳却还在思考这样的可能性：我们以外的其他世界里，运动规律或许和我们这里不同（同上，p. 139）。他的心灵显然为相信地上世界和

天上世界这种区别或类似东西的传统信仰所占居。

玻义耳不仅试图寻找在自然过程背后的上帝的地位和作用，他还试图恢复人在这个世界上的正常地位。上面已经指出，强调物质的数学的或第一性的性质而牺牲第二性的性质这种科学倾向，似乎把人类生命在一定程度上还原为虚幻的生命。玻义耳令人赞赏地捍卫了那些第二性性质。他一度走得很远，曾说：“它们具有与我们无关的绝对存在；因为，即使世界上没有人或者任何其 670 他动物，例如雪仍旧是白的，燃烧的煤还是热的。”然而，他通常是谨慎的，并坚持认为：“事实上，世界上存在某些我们称之为人的有感觉的和有理性的存在物；人的肉体有几个外部部分，如眼、耳等等，每个都有特异的组织结构，借此能够接受来自周围物体的印象，因此称之为感觉器官；我以为，我们必须认为，这些感觉可能是它们之外的物体的形相、形状、运动和质地以各种方式所引起的，这些外部物体有的适合于影响眼睛，有的适合于影响耳朵，有的适合于影响鼻孔，等等。人的心灵给客体对感官的这些作用（心灵通过同肉体的结合而知觉它们）以专门的名称，称一种为光或颜色，另一种为声音，还有一种为气味，等等。”他承认，第二性性质即使这样也并不存在于外部物体之中，除非作为“它的构成微粒的一种意向，而当它真的作用于一个动物的感觉时，它便引起一种为另一个不同构成的物体所不会引起的可感觉到的性质”（Works, Vol. III, pp.22—36）。然而，这种意向是非常实在的。但玻义耳毕竟坚持认为，人不仅象自然的万物那样实在，而且“人的灵魂〔是〕一种比整个有形世界更崇高、更珍贵的存在物”（同上，Vol. 1V, P.19）。实际上在玻义耳看来，不仅第二性性质非常实在，而且自然的美和有秩序的谐和也是他用以证明有“一个至高无上地强大、明智和完美的创造者存在的主要论据之一”（同上，Vol. 1V, p.515）。

玻义耳认为，机械论的科学仅仅部分地提供了自然现象的解释；完备的解释必须包括诉诸宇宙的创造者和他的设计。科学家的问题还是在于尽可能深入地追踪事物发生的精确途径。就算物理世界“象一台珍贵的时钟，例如在斯特拉斯堡就可能这样”，那它还是有一种机构应当加以研究，以便能具体地了解它的作用。一个理智的存在物不应当仅仅满足于宣称物理世界是由一个技艺精湛的钟表匠制造的。玻义耳写道：“他一定是个十分愚笨的探索者，只想弄清楚一只表的现象，满足于知道它是一个钟表匠制造的机械；但是他因而对下述几点一无所知：发条、齿轮、摆轮和其他零件的结构和接合，以及它们相互作用以协同地使表针指示正确时间的方式。”一切现象都是这样。“为了阐释一个现象，仅仅(671)把它归诸一个一般的有效原因是不够的，我们还必须清楚他说明这个一般原因引起所述效应的特定方式”（同上，Vol. V, P.245）。因此，玻义耳在他的实验工作中满足于表明，他所研究的现象“可以用运动、大小、重力、形状和其他力学属性来解释”（同上，Vol. III, p.608）。而在他的科学范围之外，玻义耳通常都保持他的神学和他的目的论信仰。

牛顿

牛顿的科学工作前面已经作过介绍。本章我们仅仅论述他的思想的哲学背景。一般地我们可以说，近代科学先驱者的哲学思想大都在牛顿那里重现。但是，各种思潮的真正汇合，必需某种程度的相互适应。牛顿正是完成了这

个工作，而且他的贡献还不止于使不同哲学倾向相互适应。

作为历来运用数学方法的大师之一，牛顿避免了刻卜勒把科学方法转变成宇宙哲学的错误。在牛顿著作中可以看到有一点点新毕达哥拉斯派的数学狂的味道，如果说有的话。事实上，他赋予数学演绎的重要性甚至还没有例如笛卡尔那样高。他的科学精神更倾向于培根、玻义耳和洛克的经验精神。他不仅仅依赖于数学演绎，而且还总是诉诸经验证实；而且，他还承认，有些问题根本不能用数学来解决。他甚至去追溯几何学的经验起源。他写道：“几何学可以在力学实践中看到，它无非就是精确地提出和论证测量技术的普遍力学的一部分”（*Universal Arithmetic, Preface*）。正是这种经验主义导致牛顿敌视形而上学的假说，即反对不以经验为根据和不由经验证实的理论。“探索事物性质的正确方法是从实验推出它们”（*Opera, ed. 1779, Vol. IV, p. 320*）。作为万有引力定律和大多数重要光学定律的发现者，牛顿却抑制自己不明确地致力于提出关于重力或光的本性的观点。他把光仅仅描述为从发光体向四面八方沿直线传播的“不知什么东西”。“不知什么东西”这说法带有洛克经验主义对待“实体”的味道。另一方面，尽管他怀有强烈672的经验感，但牛顿仍知道怎么把实验同数学分析和演绎结合起来以获得意义深远的结果。这种幸运的结果在很大程度上是由于他清楚地认识到，关于现象的精确规律的知识甚至在没有任何关于这些现象的终极本质的真正知识的情况下，也可能是非常可贵的。“从现象引出二三条一般的运动原理以及随后表明怎样从这些明了的原理得出一切有形体的事物的性质和作用，将是哲学〔即科学〕上的一个十分重大的步骤，尽管这些原理的原因尚未发现”（*Opticks, 3rd ed., p. 377*）。

前面已经多次指出，数学方法之在近代科学中处于主宰地位的后果之一是，区分开了第一性性质和第二性性质，并且在相当的程度上忽略后者。牛顿也主张这种区分，但对之有所修正。他在第一性性质中增加“质量”这个性质。至于第二性性质，他采纳通常的看法，即声音和颜色不是事物的性质，而是外部客体传播的振动在活有机体中引起的。他写道：“钟、乐弦或其他发声物体的声音无非是一种震颤运动，而在天空中的声音无非是从这客体传播来的运动，而感觉中枢中的声音则是对这种呈声音形式的运动的感觉；因此，这客体的颜色无非是它比其余客体更多地反射某种光线的倾向；光线的颜色无非是把某种运动传入感觉中枢〔即据认为灵魂居留在其中的那个大脑部分〕这种倾向，而感觉中枢中的颜色则是对这些呈颜色形式的运动的感觉”（同上，p. 110）。然而牛顿并不赞同这样的观点：所谓第一性性质〔包括质量〕是自然物体仅有的客观性质。征这方面，也许他赞同上述的玻义耳的各个思想，甚至他可能走得更远。他无疑地相信世界的客观的美和谐和，相信上帝在维持它们。

牛顿看来是从玻义耳的空气密度实验得到启发而把“质量”引入物质的第一性性质之中的。这个概念使得他能够提出一种自然的力学理论，它比笛卡尔的涡旋所能提出的更加令人满意。这个事实，以及把一切第二性性质明确地逐出自然，两者促成确立了机械论的世界观。这种世界观在将近两个世纪中一直被奉为科学的信经。牛顿自己关于物质的种种观念并不完全是一以贯之的。一方面，他是一个正统的基督教徒，相信有一个第一原因。他指出，这第一原因“肯定不是力学的”（同上，p. 344），而是致力于维护宇宙的美和谐和。另一方面，他不仅把机械论的解释模式成功地应用于广阔

领域的事实，而且还希望“我们能够利用同样的推理方法从力学原理推导出自然的其余现象”(Principles, Motte 译, II, 9);事实上,他采纳无所不在的以太这种流行观念,而以太的压力可能有助于以多少是力学的方式解释光的透射以及其他不能诉诸质量和运动来解释的现象。并且,与他的比较正统的同时代人不同,他实际上把宇宙目的的观念从现实宇宙秩序中逐出。事实上,世界是上帝创造的一部绝妙的机器。但是,上帝的工程技艺是那么精湛,以致这机器不需要经常维修,而只要稍加监视以维持它的正常运转。上帝仍起着驻在工程师的作用。但是,世界本质上是一个块状结构的整体,其中万物都在一定程度上是预先决定的。人只须学会他所能学会的关于这部巨大机器的知识,只须崇拜“这伟大工程师”的数学天才和力学专长。

对于牛顿来说,承认上帝在宇宙中的存在和影响,不止是对大众信仰的忍让。它是他的思想的至关重要的部分,深深地影响了他的观点。可以毫不夸大他说,牛顿的绝对运动、空间和时间等概念在很大程度上是他受到莫尔和巴罗影响的神学观点的结果。其要点如下。第一,关于绝对运动,牛顿说道:“那些把真正的〔即绝对的〕运动和相对运动彼此区别开来的种种原因乃是施加于物体而产生运动的力。真正的运动既不能创生也不能改变,而是由施加于某物体的某个力驱动;至于相对运动,则无需施加什么力于该物体,即可创生或改变。因为,只要施加某个力于与前者相比较的其他物体就够了:它们一屈服,关系就可改变,而这别的物体的相对静止或运动正在于此”(Principles, Motte 译, I, 10)。可见,牛顿关于绝对运动的实在性的信念归根结蒂乃植基于他的这样的信仰:运动的能量最终是上帝所施加的。上帝精确地知道他是否已施加能量,以及施加了多少。同时,绝对运动预先就假定了绝对运动在(674)其中发生的绝对空间和绝对时间。因此,牛顿也接受这两个概念。“绝对的、真实的和数学的时间自行地和出于其本性均匀流逝,与任何外界事物无关,它也称为持续;相对的、视在的和日常的时间是利用运动对持续所作的某种可感觉得到的和外界的(无论精确的还是不定的)量度,它通常代替真实时间应用;例如小时、日、月、年。”同样,“与任何外界事物无关的绝对空间就其本性而言始终保持同样和固定不动。相对空间是某种可变的大小即对绝对空间的量度;我们的感官根据它对于物体的位置而确定它,一般就把它当做固定不动的空间;地下、天空或天上空间依其相对地球的位置所确定的大小就是这样。绝对空间和相对空间在形相和量上相同;但它们在数值上并不始终保持相同。因为,如果比方地球在运动,那末,相对地球始终保持相同的我们的空域则将一会儿成为这空域所进入的那绝对空间的一部分;一会儿又将是其另一部分,因此,绝对地看来,这空域将是不断地在变化的”(Principles, Motte 译, I, 6)。但是,我们看来只对相对空间和时间有实在的知识或应用。那么,我们不是满足于它们,却去相信绝对时间和空间的实在性,这有什么理由呢?牛顿很清楚当用纯粹科学根据来捍卫它们时所存在的种种困难。可是,他证明绝对空间和时间之合理的根本理由是神学的,而不是科学的。按照传统的神学,上帝“永恒存在,而且无所不在。”在接受莫尔和巴罗的观点时,牛顿作了意味深长的补充:上帝“由于始终存在和无所不在,因此他构成持续和空间”(Principles, Motte 译, II, 311)。

牛顿的宗教信仰和类似精神都避免了按照霍布斯和某些后来思想家的方

式把力学科学转变成机械论宇宙哲学的危险。象我们已看到的，莱布尼兹试图用他的唯心主义的单子论哲学来撤除唯物主义的基础。问题不光是他在构造一个无所不包而又令人满意的哲学上是否更加成功。而是在某些方面，他似乎赞同一种比笛卡尔、玻义耳或牛顿更为严格的机械论自然观，因为他把上帝的活动局限在世界之中，不超出它的创造物和先定的和谐。他简直是揶揄他那些比较正统的同时代人的观点。他说：“按照这些先生们(675)的意见，上帝制造的这部机器是那么不完善，以致他得时常格外集中地清洗它，甚至象修钟表的匠师一样地修理它”(Brewster's New, - ton, II, 285)。

然而，在莱布尼兹看来，整个物理自然没有终极的实在性，而只是精神单子的现象。但是即便如此，当考虑莱布尼兹体系中无窗单子的预先决定的命运以及任意设想的它们同“单子中的单子”的关系时，人们看到，莱布尼兹的唯灵主义哲学和霍布斯的唯物主义哲学、更不用说笛卡尔、玻义耳和牛顿等的宗教折衷之间只有微乎其微的实际差别，如果说有这种差别的话。作为一种哲学体系，斯宾诺莎的泛神论比所有这些极端的和拆衷的学说都来得优越。但是，甚至在这个群星灿烂的时代，实行这种哲学的条件也还未臻成熟。

(参见 E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, 1925; J. E. Erdmann, *History of Philosophy*, Vol. II, 1892, etc.; W. Windelband, *History of Philosophy*, New York, 1901; A. Wolf, "Descartes" and "Spinoza" in the *Encyclopaedia Britannica*, 14th ed.)

插图目录

1 培根著《新工具》的扉页	卷首
2 哥白尼	16
3 哥白尼的宇宙	21
4 恒星视差	22
5 行星视振动	23
6 行星运动的视在不规则性	24
7 三颗外行星的轨道	27
8 伽利略·伽利莱	32
9 比萨斜塔	39
10 匀加速定律	48
11 沿斜面运动	50
12 摆的振动	50
13 摆的振动的等时性	52
14 振动的圆形和旋轮线形路径	53
15 摆和齿轮	53
16 曲线轨道	54
17 杠杆和虚速度原理	55
18 斜面和虚速度原理	56
19 一个物体系中各个力的相互关系	57
20 真空的阻力	60
21 真空实验	68
22 西芒托学院的气压计	68
23 布龙克尔查理二世培根	70
24 亨利·奥尔登伯格	71
25 约翰·威尔金斯	71
26 格雷歇姆学院	72
27 巴黎科学院(路易十四视察)	77
28 带有两个会聚透镜的显微镜	86
29 胡克的复显微镜	87
30 基歇尔的显微镜	88
31 列文霍克的单显微镜	88
32 列文霍克的单显微镜用于观察鱼尾中的血液循环	88
33 康帕尼的和威尔逊的螺丝显微镜	89
34	
35 格雷的水显微镜	89
36 荷兰望远镜	92
37 “天文”望远镜	92
38 刻卜勒的望远镜	92
39 沙伊纳的太阳镜	93
40 海维留斯的长望远镜	93
41 惠更斯的高空望远镜	94
42 牛顿的反射望远镜(示意图)	96
43 牛顿的小型反射望远镜	97

44 伽利略的验温器	98
45 盖里克的验温器	101
46 阿蒙顿的温度计	103
47 佛罗伦萨温度计	105
48 佛罗伦萨螺旋温度计	105
49 华伦海特的沸点测定器	108
50 托里拆利的气压计	109
51 盖里克的水气压计	111
52 奥托·盖里克	112
53 阿蒙顿的海用气压计	113
54 阿蒙顿的复式气压计	113
55 胡克的轮式气压计	113
56 胡克的简化轮式气压计	114
57 格雷的带显微镜和测微计的气压计	114
58 盖里克的第一台抽气机	115
59 盖里克的第二台抽气机	116
60 盖里克的马格德堡半球实验 (I)	117
61 盖里克的马格德堡半球实验 (II)	118
62 空气的重量	118
63 玻义耳的第一台抽气机	120
64 玻义耳的第二台抽气机	120
65 玻义耳的第三台抽气机	121
66 盖里克的改良抽气机	122
67 玻义耳的空气弹性实验	123
68 多佛钟 (1348 年)	125
69 心轴节摆件	126
70 伽利略的摆钟	126
71 双线摆	126
72 惠更斯的钟	127
73 摆的摆线运动	128
74 摆线形夹片	128
75 惠更斯的平衡发条	129
76 惠更斯的船用钟 (1)	130
77 惠更斯的船用钟 (2)	131
78 胡克的测深仪	131
79 胡克的海水取样器	132
80 磁倾针	133
81 玻义耳的比重计	133
82 第谷·布拉赫	136
83 第谷·布拉赫的天文台——乌拉尼堡	138
84 第谷·布拉赫的宇宙	139
85 第谷·布拉赫的巨型象限仪	139
86 第谷·布拉赫的墙象限仪	141
87 第谷·布拉赫的经纬仪	143

88 约翰内斯·刻卜勒	146
89 五种正则立体	148
90 刻卜勒的行星球概念	149
91 刻卜勒等人的某些天文学术语的图解	151
92 地球的轨道	153
93 火星的轨道	154
94 矢径在相等时间里扫过的面积相等	155
95 刻卜勒关于太阳对行星作用的观念	157
96 伊萨克·牛顿	162
97 牛顿诞生地沃尔斯索普的庄户住宅	163
98 抛射体的向心运动	166
99 地球之椭球形的解释。当黄铜圆圈带 a 旋转时，看去象一个在赤道处鼓起的球	176
100 地轴圆锥运动的示意图	177
101 潮汐和日月的引力	178
102 土星的光环	182
103 克里斯蒂安·惠更斯	183
104 巴黎天文台（正面）	185
105 巴黎天文台（侧面）	186
106 盖斯科因的测微计	190
107 奥祖和皮卡尔的测微计	191
108 奥劳斯·勒麦	192
109 勒麦的测微计	193
110 让·D.卡西尼	194
111 勒麦的中星仪	197
112 弗拉姆斯提德时代的格林成治天文台（外景）	200
113 弗拉姆斯提德时代的格林成治天文台（内景）	201
114 约翰·弗拉姆斯提德	201
115 埃德蒙·哈雷	205
116 约翰内斯·海维留斯	207
117 海维留斯的天文台	208
118 哈雷彗星	210
119 哈雷确定地球离太阳距离的方法	212
120 约翰·耐普尔	221
121 耐普尔的对数概念	222
122 一个变量处于其极大值	230
123 刻卜勒求锚环体积的方法	234
124 刻卜勒的“苹果”	234
125 布莱斯·巴斯卡	238
126 约翰·沃利斯	239
127 伊萨克·巴罗	240
128 斜面上的平衡	252
129 流体静力学悖论的实验演示	252
130 液体的向上压力	253

131 液体施加的总压力	253
132 水的压力操纵的虹吸管	258
133 回摆中心	260
134 回摆中心(一般形式)	260
135 摆线的张力	263
136 物体的离心力及其比重	263
137 光折射角的测定	284
138 刻卜勒对运镜作用的说明	285
139 维勒布罗德·斯涅耳	288
140 光的折射角	288
141 笛卡尔的折射定律	290
142 皮埃尔·费尔玛	291
143 光线取最短路径	292
144 光折射和最短时间原理	292
145 弗兰西斯科·马利亚·格里马耳这	293
146 光的衍射	294
147 光锥的衍射	294
148 薄膜的颜色	297
149 勒麦对光速的测定	299
150 光的传播	300
151 光的球形子波	300
152 惠更斯的光反射作图法	301
153 冰州石的解理	303
154 一条光线通过两个对应边平行的晶体	303
155 一条光线通过两个主截面成宜角地放置的晶体	303
155 光谱	305
157 几种颜色的不同折射	305
158 正弦折射定律对每种颜色都成立	307
159 光谱颜色重组而形成白光	309
160 虹霓的形成	310
161 反射光线相交的焦散曲线	314
162 泛音(1)	327
163 泛音(2)	328
164 空气是声音的媒质	331
165 一种罗盘标度盘	333
166 成廉·吉尔伯特	336
167 伊丽莎白女王观看吉尔伯特的实验	337
168 一块带指向针的球形天然磁石(或微地球)	338
169 一块细长天然磁石分成两半	338
170 “武装的”天然磁石	339
171 小磁石对微地球的反应	339
172 盖里克的起电机	350
173 西芒托学院制造的验湿器	353
174 胡克的验湿器	354

175 都柏林验湿器	355
176 胡克的风速计	356
177 胡克的雨量计	356
178 胡克的气候钟	357
179 胡克的天气报告表	359
180 大气的高度和压强	362
181 太阳辐射的分布	371
182 约翰·巴普蒂斯塔·范·赫耳蒙特	374
183 格劳贝尔的蒸馏炉(1)	378
184 格劳贝尔的蒸馏炉(2)	379
185 罗伯特·玻义耳	386
186 理查德·洛厄	394
187 约翰·梅奥	395
188 用老鼠做的实验	399
189 空气的弹性	399
190 托马斯·伯内特	404
191 约翰·伍德沃德	405
192 尼古拉·斯特诺	413
193 斯特诺的六种地壳结构类型	414
194 吸积形成晶体	425
195 几种其轴位于一个平面的晶体类型	425
196 晶体截面的类型	425
197 十二个平面封包的黄铁矿	426
198 鸟和人的骨骼的比较。对应的骨头用同样的字母指示	464
199 安德烈亚斯·维萨留斯	469
200 维萨留斯绘制的一幅图版(人体的肌肉)	470
201 迈克尔·塞尔维特	471
202 哲罗姆·法布里修斯	472
203 威廉·哈维	474
204 血液循环的示意图	476
205 乔瓦尼·阿尔方多·波雷里	477
206 肌肉活动的力学	478
207 软木的细胞结构	479
208 马尔切洛·马尔比基	481
209 安东尼乌斯·列文霍克	484
210 内赫米亚·格鲁	487
211 特奥夫拉斯图斯·博姆巴斯特·帕腊塞耳苏斯	491
212 第一部《伦敦药典》的扉页	492
213 尿液检查	494
214 桑克托留斯的体温计	498
215 两种脉搏计	498
216 桑克托留斯的称量椅	499
217 防止感染的罩衣	501
218 铈杯	505

219 格劳贝尔被作为药店的“招牌”	507
220 弗兰西斯·格里森	510
221 托马斯·威利斯	511
222 哲罗姆·法拉卡斯托留斯	513
223 昂布鲁瓦兹·帕雷	514
224 桑克托留斯·桑克托留斯	515
225 托马斯·西德纳姆	516
226 十六世纪的犁	523
227 诺福克犁	524
228 贝松的三铧犁	524
229 双铧犁	525
230 中国织机	528
231 十七世纪的手工提花织机	529
232 一种早期的织带机	529
233 缩绒机	530
234 一种早期的织袜机	531
235 一端水平固定的梁的抗断裂力	536
236 圆柱体的抗断裂力	537
237 梁的抗断裂力	541
238 根据各种假说对抗力矩作的估计的比较	544
239 德朗确定一个拱的拱座的作图法	547
240 克里斯托弗·雷恩	549
241 雷恩的拱概念	550
242 拉伊尔对拱问题的处理	552
243 威廉·配第	553
244 格奥尔吉乌斯·阿格里科拉	557
245 “魔杖”	558
246 竖井	559
247 竖井的结构	560
248 直立的测垂水准仪	561
249 瑞士罗盘	562
250 试金针	562
251 水车驱动的捣矿机	563
252 含沥青或硫的金属矿石的熔炼炉	564
253 铅矿石熔炼炉	565
254 用圆形风箱的卢西坦型炼锡炉	566
255 铋或铁矿石的熔炼炉	566
256 熔析炉	567
257 三室玻璃熔炉	568
258 脚踏风箱供风的吹玻璃灯	569
259 老式吹玻璃方法	570
260 简单绞车	571
261 带飞轮的绞车	572
262 踏车驱动的绞车	572

263	带闸轮的马力绞盘	573
264	矿山地面运输	574
265	十六世纪的轨道	575
266	勺斗链	576
267	简单的吸入泵	577
268	串联的吸入泵	578
269	曲柄操纵匝力泵	579
270	链斗提水机和踏车	580
271	强大的水力提升机	581
272	风道上的旋转桶	582
273	扇风机	583
274	风车驱动的扇风机	584
275	巨型风箱	584
276	用风箱提升水	586
277	奥格斯堡提水机	586
278	用摇动槽提升水	589
279	胡阿内洛的提水机(两个位置)	590
280	在西尔彻斯特发现的古罗马水泵的复原图	592
281	巴特画的伦敦桥供水系统示意图	593
282	福特的水泵	595
283	贝松的螺纹车床	598
284	汽堆给熔铜炉吹风	605
285	波塔描绘的蒸汽机	606
286	利用加热提升水	607
287	布兰卡的汽轮机	608
288	伍斯特的控水机	609
289	惠更斯的煤气机	610
290	帕潘的带有安全阀的蒸煮器	610
291	帕潘的蒸汽机	612
292	塞缪尔·莫兰	613
293	萨弗里的蒸汽机	615
294	萨弗里的小型蒸汽机	616
295	萨弗里的最后一种蒸汽机	617
296	算盘	619
297	耐普尔骨筹的使用	621
298	耐普尔骨筹(原始型)	624
299	耐普尔骨筹(圆筒型)	624
300	巴斯卡的计算机	625
301	莫兰的计算机	625
302	莱布尼兹的计算机	626
303	阶梯式计数器	627
304	针轮	628
305	死亡率表(1)	658
306	死亡率表(2)	659

307	死亡率表 (3)	660
308	死亡率表 (4)	661
309	弗兰西斯·培根	707
310	托马斯·霍布斯	717
311	勒内·笛卡尔	718
312	笛卡尔的涡旋	725
313	别涅狄克特·德·斯宾诺莎	729
314	约翰·洛克	736
315	戈特弗里德·威廉·莱布尼兹	740
316	亨利·莫尔	745