第九章　近代科学革命(三)

——从万物有灵论到机械自然观

考察前两章之“近代科学革命(一)——从抽象的数学理念到数学实在”“近代科学革命(二)——从泛灵的经验到激扰的实验”之中的代表人物，他们虽然在相应的方法论的变革中涉及自然观的改变，有了机械自然观的萌芽，但是，他们并没有明确地宣称并且论证机械自然观。笛卡尔对此作了系统阐述，从而改变了人类历史上对自然的认识方式，即从万物有灵论对自然的“精神解释”，转变为对这种“附魅”的自然进行“祛魅”[[1]](#footnote-1)，以获得对自然的“物质”解释。在这里，“附魅”和“祛魅”的内涵是什么呢？它们对人类认识自然的方式有什么样的影响呢？特别是“自然的祛魅”对于近代科学革命有什么样的意义呢？这些问题值得我们去探讨。

一、万物有灵论与自然的“精神”解释

在近代科学革命早期，哥白尼的“日心说”、哈维的“血液循环理论”等新科学向托勒密的“地心说”、盖伦的“三灵气说”等旧科学以及宗教神学发起了挑战，启示着一种新的自然观的出现。但是，那一时期宗教神学以及自然哲学(旧科学)的力量异常强大，因此，新科学并没有立即战胜旧科学和宗教神学，进而产生一种新的完整的自然观。中世纪晚期的解剖学和生理学与所有其他学科领域一样，最初是建立在更早时期幸存的各种原著和概念之上的。在那样一个时期，亚里士多德派、柏拉图派以及其他学派的学者，都把世界理解成是有生命的——在所有层次上都是如此。这在某种意义上意味着人们接受了“大宇宙-小宇宙”的类比观念，也意味着人们接受了一种活力论自然观——虽然这种自然观后来被17世纪机械论自然观所逐渐代替。而且，从科学发展的历史看，数学抽象以及对于研究对象的量化，对于近代科学的诞生和发展来说必不可少，但是，这种观念在当时是罕见的，其意义似乎也不如现在这么重大。对于当时的许多人来说，回归到“真正的”神秘主义和自然魔法似乎更加重要。通过考察文艺复兴时期的自然哲学(旧科学)可以发现，当时盛行的主要观念是亚里士多德的“内在目的论”以及“自然主义泛灵论”或“赫尔墨斯传统”。

关于亚里士多德的自然的“内在目的论”，在本书的第三章已有介绍。其核心思想是：自然界的万事万物都具有目的，并且被其本性驱动而朝向其目的运动，这使得它们呈现出恒常稳定的状态，也使得它们呈现相应的等级结构；要说明事物的运动变化，就要如其所是地去看待它们，探讨它们的本质以及它们运动变化的真实原因，而这种真实原因就是目的因，所以要了解事物运动变化的原因，就必须通过目的因来加以解释。由此，也使得亚里士多德的物理学成为以目的因说明为宗旨的“质的物理学”，通过“目的、本性和自然倾向”来说明自然现象。在这种情况下，原子论、实验、数学等在这样的物理学中就没有用武之地。

关于“自然主义泛灵论”，其核心内涵是：对于宇宙中的每一物体而言，最终的存在是其活的要素，它在一定程度上带有心灵或精神的特征；心灵和躯体、精神和物质被看作是不能分离的，统一于同一个物体之中，从而使得该物体成为具有精神的生命体，存在着各种难以理解的隐秘力，引发或促动该物体的运动；对于这种运动，人类也可以通过各种自然魔法，引导这些心灵或精神的因素表达出来，以实现自然的目的。

“自然主义泛灵论”的思想深刻地影响着16世纪的天文学、物理学、解剖学和生理学等学科的发展，这种思想典型地体现在英国医生吉尔伯特于1600年出版的《论磁》一书中。吉尔伯特认为，真实的地球物质呈现出原始的有活力的形式，这种形式就是原始地球物质的磁的本性，它与呈现在所有事物中的活的要素是一致的，表现为一种磁的灵魂。这种磁的灵魂以自愿联合的方式结合在一起，通过同性相斥异性相吸、爱与憎的方式把磁体与相关物质联系起来。换而言之，吉尔伯特认为，磁就是地球的灵魂。

类似的思想充斥于文艺复兴时期，并且塑造了16世纪早中期以帕拉塞尔苏斯为代表的“医药化学学派”的观念：人体本质上是一个化学系统；这个化学系统是由炼金术士所以为的两种元素汞、硫和第三种元素盐(他自己增加的)组成的；汞、硫、盐是活的要素，分别代表了精神、灵魂和肉体；所有的疾病是由存在于人体中的这三种元素的平衡被打破而引起的；要治疗疾病，就要针对相应的病症，运用炼金术冶炼出相应的矿物药物，并加以使用，因为，化合物的许多性质是由这三种元素的特别的活力造成的。

盛行于15世纪欧洲文艺复兴时期的赫尔墨斯主义，主张哲学与魔法的研究与实践。

赫尔墨斯魔法传统的源泉在于古埃及宗教，他们崇拜的神是“存在于万物”的上帝。“在布鲁诺看来，古埃及的宗教才是真正的宗教，优于其他任何一种宗教，现行的基督教是恶劣且作伪的宗教，他的使命就是要进行赫尔墨斯主义的宗教改革，放弃那些不再纯粹的与基督教交杂的魔法，重新回归到古埃及赫尔墨斯魔法传统中去。”[[2]](#footnote-2)

在宇宙论和形而上学的观点上，赫尔墨斯魔法传统主要结合了中世纪的新柏拉图主义的观点，还混杂了诺斯替教[[3]](#footnote-3)和犹太教的观点，其追求的是要在神秘力量的指引下得到一种由神赐予的关于宇宙永恒性问题的答案。“赫尔墨斯主义关于宇宙的一个很重要的思想就是‘宇宙交感’的观点。这一观点主张：地球上的事物之间和宇宙中任何事物之间都存在某种隐秘的相互感应力，物体之间通过这种神秘的交感力量可以远距离相互作用，因此这种交感力量可以被用来解释、预示乃至控制事物发展的进程。”[[4]](#footnote-4)在赫尔墨斯传统中虽然没有关于宇宙无限的具体概念，但是赫尔墨斯主义主张：“上帝之完满就是万物存在之现实，有形的和无形的，可感的和可推理的……任何存在都是上帝，上帝就是万物。”[[5]](#footnote-5)“如果世界外面有空间的话，那一定充满着有灵性的存在，这个存在就是上帝的神圣性之所在”。“上帝所在的领域，无处不中心，无处有边界。”[[6]](#footnote-6)事实上，赫尔墨斯主义源于古埃及托特[[7]](#footnote-7)崇拜与古希腊赫尔墨斯崇拜的杂糅与融合，其教义包含了古埃及、古希腊、犹太教以及诺斯替主义的因素。文艺复兴时期的人文主义者出于时代的需要，对赫尔墨斯主义做出了独特的阐释。他们在理论上把赫尔墨斯主义塑造成了古代智慧的代表，认为其中包含着人类社会最为原初的智慧，纯洁的宗教，证明基督教的真理以及赞同和实现“人的尊严”的因素。

自然魔法(自然巫术)的基本内涵是：上帝具有超自然的力量，能够在创造自然世界的同时，把神秘的自然力量赋予自然事物。这种力量本身是自然的而非超自然的，作为激扰自然这种力量的魔法师也不具有超自然的力量。在宇宙中，只有上帝才具有超自然的力量。这是前现代时期(the pre-modern period)[[8]](#footnote-8)关于自然魔法的主要思想。

对于自然的力量，又可以分为能动的力量和被动的力量、服从人类的力量和不服从人类的力量。要想把这些力量激发出来，魔法师就要细心地观察和倾听自然，拥有关于所有自然事物的精妙知识，如星星的影像，人和其他生物的构成，植物、树根、树桩、石头等的种类、形状和生成，等等。这些知识远远超出了普通人的能力，为魔法师所独有。他们或者把它们分开，或者通过一个事物相对于另一个事物的共有部分或相互适用的部分，把它们融为一体，由此引导自然把能动的东西和被动的东西结合起来，展现其预备的东西。这在普通人看来是奇迹，但从上帝创世说的观点看，是自然运行的结果。

可以说，魔法师除了自然地把积极的力量运用到适当的、相称的被动对象上之外，也不能起什么作用。概括地说，魔法师通过某种艺术或技术，施行某种非超自然的、创造的力量，产生各种奇妙和不寻常的东西，其原因超出了感官和普通的理解。

至于魔鬼，则另当别论。因为他们是不朽的存在，而且在亚当和夏娃之前就存在了，所以他们比最伟大的人类魔法师知道更多的魔法，但除此之外，他们也没有特殊的能力。作为灵魂，他们可以做我们不能做的事情，如穿过墙壁、飞翔等，但是，他们没有统治或命令宇宙的普遍本性，不能违反或改变世世代代永恒的不可侵犯的法令。魔鬼也是由上帝创造的，他们要受制于上帝以及上帝所创造的宇宙的力量。

从上述在文艺复兴时期占据主导地位的自然哲学的内涵看，人们大都相信自然是有魔力的、有神性的和有生命的，充满了精神、智慧、目的、活力和神秘。这是一种自然的“附魅”观念，由此形成了心灵与世界交织在一起的观念，泛灵论的以及宗教的思想。

这种将自然神化、人格化并以此解释其运动的方法，不免带有神秘论色彩和有机论色彩，不能真正揭示自然的奥秘，不利于人类正确地认识自然。[[9]](#footnote-9)对此，我国学者提出：“那么当自然主义者[[10]](#footnote-10)用类似‘人的意志’的‘普遍灵魂’来比附磁铁之间的相互作用，来解释琥珀对纤毛的吸引，来描述物体的化学特性的转换，则是要完全抛弃‘灵魂’与‘物体’的区别，完全将自然界与人类精神等量齐观。于是，在自然主义学说的宇宙当中，人凭借着对语言、符号以及各种巫术仪式的掌握，拥有着预知未来和施加魔法改变自然进程的神秘力量；而自然界则因为拥有与人类意志相类同的‘普遍灵魂’，所以它也就彻底失去了被可供检验的恒常有效的自然规律来规定的可能，其内部充斥着违背常理的奇迹与魔幻。”[[11]](#footnote-11)在这种情况下，近代科学是不可能诞生的。要改变上述状况，亟须一场自然观的变革。这种变革只有在对自然进行“祛魅”，对自然之精神的思想、泛灵论的思想以及宗教的思想进行批判之后，才有可能清除它们的根本性影响，促进科学的发展。

二、笛卡尔：机械自然观与自然的“物质”解释

如前所述，开普勒之所以创立“物理的数学天文学”，伽利略之所以创立“数学的物理学”，都与他们的自然观的转变有关。他们对世界的看法已经涉及机械自然观的最深层次的内涵。[[12]](#footnote-12)实际上，并不是某一个人创造了机械自然观。纵观17世纪上半叶西欧科学界，我们能够看到的是一场指向机械论[[13]](#footnote-13)的自然观念、反对文艺复兴时期自然主义的自发运动。在这场运动中，法国哲学家笛卡尔的机械自然观思想的影响比其他任何人的都大。他赋予了机械自然观一定程度的哲学严密性，并且在此基础上提出了他的科学认识方法论。[[14]](#footnote-14)

(一)提出机械自然观作为解释现象的方式

笛卡尔(1596—1650)认为，在我们的地球上，有两类存在：一类是人，由精神和肉体组成，精神是不朽的和永存的，肉体是短暂的和易逝的，人类的精神可以摆脱自然的束缚，认识和把握自然的奥秘；另外一类是其他的自然事物，它们只是一架机器，只有“肉体”，没有“精神”，它们是由惰性的、不可见的、坚硬的、形态各异的物质微粒构成的，这些微粒要么暂时聚焦在一起，要么在不停地运动，以形成宏观可见的各种现象。笛卡尔就认为：“原初存在的一部分微粒相互摩擦而成为小球，另一部分微粒则通过相对静止这种黏合剂而结合成更为粗糙的物块。第一个过程中产生的摩擦碎屑由极为精细的微粒构成，它们高速运动，填充了另外两种微粒之间的所有间隙(人们会不自觉地这样表达；实际上那些间隙就是摩擦碎屑)。这一过程完成之后(或者更正确地说，从一开始)，情形是这样的：所谓‘次级物质’(second matter)的球形微粒形成了巨大的涡旋；在离心倾向的作用下，这些涡旋驱使极为精细的所谓‘初级微粒’(primary particles)或精细物质微粒朝中心运动。在那里，它们聚集成球块，构成太阳和恒星。因此，每颗恒星都被一个次级微粒的涡旋或天空环绕着，因此次级微粒又被称为‘天界微粒’(celestial particles)。更为粗糙的‘第三级微粒’(tertiary particles)形成了地球和诸行星；它们的间隙被次级微粒所充满，而次级微粒的间隙又包含有精细物质微粒。于是，这些精细物质微粒也属于天界物质。地界物体的物质的量(为方便起见，我们今后称它为“质量”)由其中所含第三级微粒的总体积所决定。我们将称它为‘真实体积’(real volume)，它等于‘经验体积’(empirical volume)减去被天界物质充满的间隙的总体积。物体膨胀时，会有更多天界物质进入第三级微粒之间；压缩时，这些天界物质被排出。自然中发生的所有变化都源于这三种空间微粒的运动。”[[15]](#footnote-15)

既然如此，笛卡尔的所谓的这架自然机器与工匠制造的机器之间有什么样的区别呢？笛卡尔进一步指出：“因为在工匠所制造的机器与自然所构造的各种物质之间，除了机器的运行结果依赖于一定的导管、弹簧和其他部件的配置，这些部件因为出自制造者之手，所以其大小总是足以让它们的形状和运动被观察到，而那些造成自然物体的结果的导管或弹簧却通常太小而不能够被我们的感官觉察到这个区别之外，我没有发现任何其他的差别。”(Principes，AT IX 321-322)[[16]](#footnote-16)[[17]](#footnote-17)

根据上述笛卡尔的这段话，可以得到这样的结论：“笛卡尔将自然法则(laws of nature)与机械学的法则(laws of mechanics)完全地等同起来。”[[18]](#footnote-18)具体来说：自然机器与工匠制造的机器没有本质不同，它们既没有亚里士多德意义上的事物的“内在目的”，也没有自然主义泛灵论的“普遍灵魂”，因此，对于除人之外的自然对象，就不需要根据亚里士多德的“目的”、“倾向”以及“自然主义泛灵论”的“普遍灵魂”等来解释，只需要根据存在于自然机器系统中的恒常有效的、前后相继的“机械论的因果关系”来解释。“机械论的因果解释”与“目的论的因果解释”是不同的：前者把先发生的事件当作后发生的事件的原因，把后发生的事件当作先发生的事件的结果；后者正好相反，把事件发生的结果当作它发生的原因，由结果上升至原因。

至此，有一个问题需要澄清：笛卡尔是否在任何时候、任何场合都绝对地拒斥“目的论的因果解释”？

答案是否定的。笛卡尔是承认人是有思想、情感和灵魂的，对于人类而言，自身是有“目的”和“自由意志”的，他可以自我驱使做出相应行动以实现特定的目的，由此他的行为是需要而且可以运用“目的论”来进行“因果解释”的。[[19]](#footnote-19)但是，对于自然界中除人以外的其他自然对象，它们只有肉体没有灵魂，只具有“广延”的本质而没有“自由意志”或“自我意识”，它们没有“内在的目的”和“倾向”，就不能驱使自我去完成相应的行为以实现相应的“目的”和“倾向”。既然如此，人类通过相应的“目的”或“倾向”去解释除人以外的自然现象也就是错误的了。关于这点，从笛卡尔对亚里士多德之“重的物体先落地”的反驳中可以看出。

亚里士多德认为，重的物体之所以下落得更快，是因为其中含有更多的土元素，而土元素具有“回到自己的自然位置(地球)的‘目的’”以及“下降的倾向——重性(pesenteur)”。对此，笛卡尔反驳道：“我认为(经院学者们所持有的)是重性(pesenteur)将物体带向地球的中心这个观点，就好像是说它(重性)自身已经具有对于这个中心的认识一样。”(Méditations，Sixèmes Réponses，AT IX 240-241)[[20]](#footnote-20)笛卡尔的言下之意是：土元素不具有“有关地球中心”的认识，它也不具有有关“它要把落向地球中心作为自己的运动终点”的认识，因此，亚里士多德基于本体论的自然“内在目的论”对事物运动变化进行“目的论的因果解释”是错误的。在这一意义上，笛卡尔说道：“我们必须注意到这样一条规则——我们必须永远都不从目的出发来进行论证。”(《与伯曼的对话》，AT V 158)[[21]](#footnote-21)理由如下：首先，关于目的的知识并不会带给我们关于事物本身的知识；其本性仍旧不为我们所知。事实上，这是亚里士多德最大的错误，亚里士多德总是从目的出发来进行论证。其次，上帝的所有目的都不为我们所知，想要深入研究它们是十分轻率的。他进一步指出这样做的原因是：“因为，既然已经知道了我的本性是极其软弱、极其有限的，而相反，上帝的本性是广大无垠、深不可测、无限的，我再也用不着费事就看出他的潜能里有无穷无尽的东西，这些东西的原因超出了我精神的认识能力。光是这个理由就足以让我相信：人们习惯于从目的里追溯出来的所有这一类原因都不能用于物理的或自然的东西上去。因为，去探求和打算发现上帝的那些深不可测的目的，我觉得那简直是狂妄至极的事。”[[22]](#footnote-22)

这是否意味着笛卡尔反对亚里士多德的“终极因”呢？笛卡尔说道：“我们不会停下来去检查上帝创世时候所提议给出自己的目的，在我们的哲学中我们完全抛弃对最终原因(目的因)的研究：因为我们不能够如此地抬高自己，以至于相信上帝愿意让我们来做他的顾问；然而，在认为上帝是所有事物的作者的同时，我们会仅仅尝试着凭借上帝安置在我们心中的那种理性的能力来探寻，我们通过感官感知到的那些事物是怎样被制造出来的。”(Principes AT IX 37)[[23]](#footnote-23)由此来看，笛卡尔并没有否定上帝是自然界事物(包括人)的最终目的，而只是认为人类无法认识这一目的，人类能够认识的是那些人类的理性能力能够达到以及感官能够感知到的东西。

对于自然界中除人以外的其他事物，笛卡尔是在“机械论的本体论”的意义上采用“机械论的因果解释”对它们进行认识的，虽然许多人完全可以不接受机械论的本体论而接受机械论的因果解释[[24]](#footnote-24)，或者他们完全可以不接受目的论的本体论而接受目的论的因果解释。

笛卡尔是如何贯彻他的“机械论的因果解释”的呢？他这样说道：“首先，我一般性地考虑能够存在于我们的理智当中的所有关于物质(les choses materielles)的清楚分明的观念(notion)，我在这样做的时候，发现除了我们拥有的关于形状、大小、运动，以及这三样东西借以相互之间施加影响赋予多样化的规则(règle)(这些规则便是几何学与机械学的原则)的观念之外不能够拥有任何其他的如此清楚分明的观念，于是我就判断人类所能够具有的关于自然的知识必然是从这里得出的；因为我们拥有的关于可感事物的所有其他的观念，因其混淆与晦涩，不能够用来给予我们任何外在于我们的事物的知识，毋宁说它们会阻碍我们的认识。接下来，我就会考察那种种因其微小而使之不可见的物体的形状、大小和运动之间所有能够存在的主要差别，以及通过这些因素相互配置在一起的各种各样的方式能够产生出什么样的可感的结果。在这之后，当我在我的感官已感知到物体那里发现了同样的类似的结果，我就会想这些结果本能够按照我所设想那样被产生出来。接下来，当在我看来在自然的全部领域都不能够找到能够产生这样的结果的其他原因的时候，我就会相信它们必然是被如此这般地产生出来的。”(Principes，AT IX 321-322)[[25]](#footnote-25)

从笛卡尔对“机械论的因果解释”的描述看，他预设了：自然中的具体事物仅由惰性物质微粒构成，这些微粒的运动引起了所有的自然现象，这种现象均可由因果性的机制来解释。但是，这就存在一个疑问：笛卡尔是怎样达到对难以感知的物体如惰性物质微粒的形状、大小和运动的认识的呢？对此，笛卡尔自己的解释是：“很显然，所有机械学的规则都适用于物理学，以至于所有人工的事物都因此而是自然的。因为，例如，当一块手表通过它的齿轮来显示时间的时候，这件事情与一棵大树制造果实相比，同样自然。这就是为什么，当一个钟表匠看到一只不为他所制造的钟表，他通常能够从他所看到部分，判断他看不到的其他部分的样子，而以同样的方式，在考虑了自然物体的可感知的部分及其结果之后，我就尝试着去认识它们那些未感知的部分应该是什么样子。”(Principes，AT IX 321-322)[[26]](#footnote-26)也就是说，对于那些难以感知的物质微粒，笛卡尔就认为是能够认识的了。他进一步总结道：“某些人还将继续询问我是从哪里获知每一物体的微小颗粒的形状、大小和运动的；关于这些物质微粒，尽管我不能通过感官的帮助来感知它们这一点是非常肯定的(既然我承认它们是难以感知的)，然而在这里我仍然像我已经看见了它们那样去规定了它们。”(Principes，AT IX 321-322)[[27]](#footnote-27)

在上述机械自然观思想的基础上，笛卡尔指出，物质的各种性质，无论是显在的，诸如重力现象、光现象和热现象，空气的稀释和压缩，水的凝结和蒸发，水银等化学物质的特殊性质，玻璃、琥珀等摩擦后的电效应，等等，还是隐秘的，诸如感觉，都能够通过构成物体的物质微粒的运动以及相关的位形(configuration)来说明。

如对于笛卡尔来说，“人们现在所称的‘条件反射’的事例能用相应的、特定的机械术语解释”[[28]](#footnote-28)。对此，用图9.1加以说明。

在图9.1中，“火堆A的微粒迅速移动，因此拥有足以取代临近的皮肤B的力量，B牵动神经线cc，使之打开了终止于脑的孔隙de，‘这就像拉动一个绳索的末端，挂在另一端的铃铛会同时响起一样’。孔隙被及时打开，包含在脑中空穴F的活力精神进入孔隙并由它运载，‘一部分传到用于从火旁撤走足的肌肉，一部分传到用于转头注目去看它的肌肉，一部分传到抬手屈身去保护它的肌肉’”[[29]](#footnote-29)。

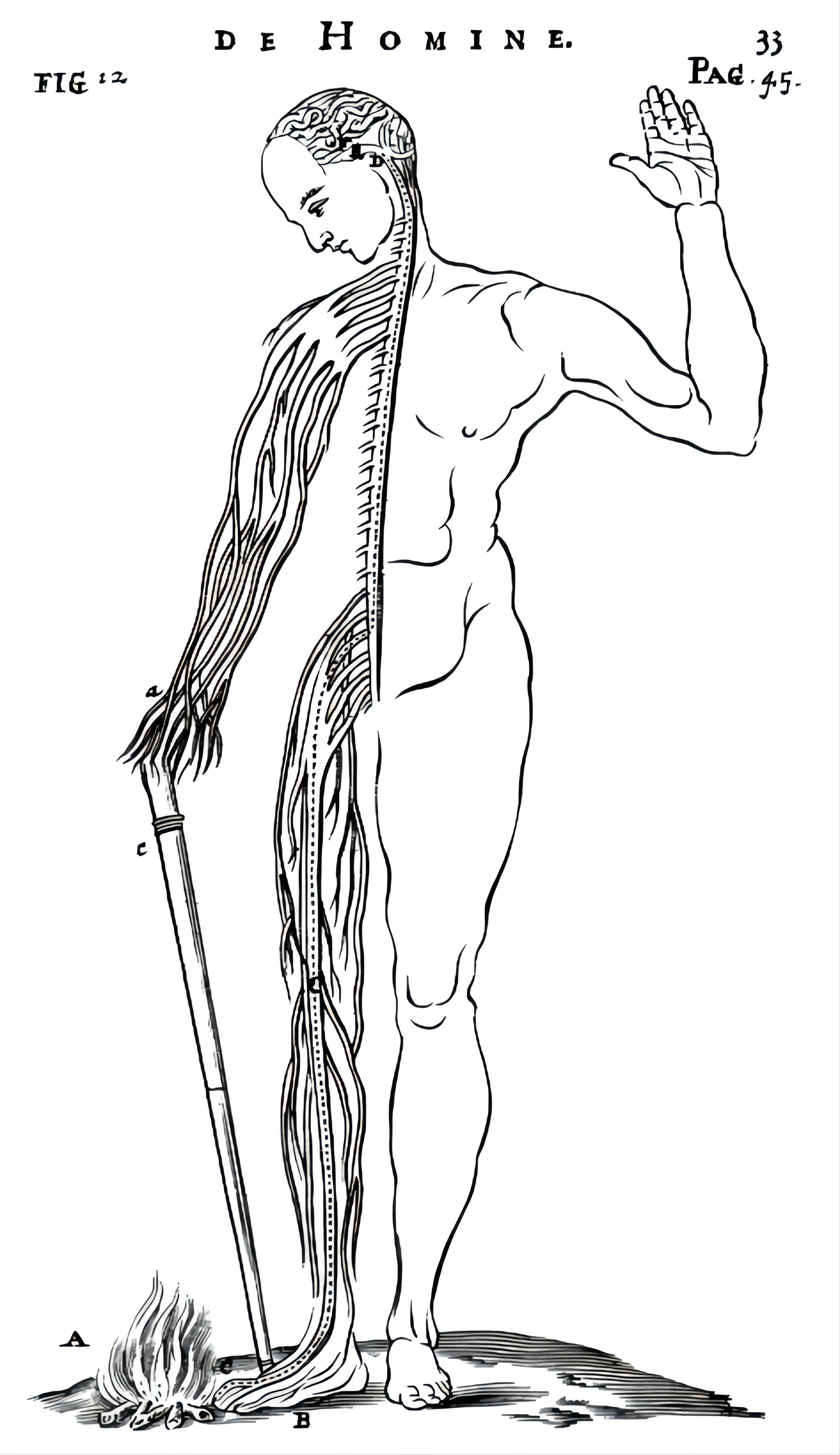


图9.1　笛卡尔解释反射动作的图解[[30]](#footnote-30)

对于自然界中除人以外的存在，笛卡尔则是通过一种非精神性的机械微粒及其相互作用来解释的。如对于吉尔伯特通过经验研究所得出的磁现象，笛卡尔是这样解释的：“地球分别从两极发出螺旋形的微粒：从一极发出右手螺旋微粒，从另一极发出左手螺旋微粒。地球中拥有相应形状的孔隙使这些微粒规则地流出。微粒穿过时，埋在地里一段时间的铁块将会形成螺旋形的孔隙。就这样，铁块被磁化，磁微粒在围绕地球运转时将使铁块确定方向。”[[31]](#footnote-31)按照类似的方式，笛卡尔解释了光的反射现象、折射现象以及彩虹现象等。[[32]](#footnote-32)

不仅如此，因为笛卡尔坚持机械自然观，认为物体不具有像“灵魂”“目的”那样的“自我驱使”能力，所以，他就认为，物体自身不具有改变自己的运动状态的能力，如此他就在《哲学原理》第二部分的第37篇、第39篇中分别得出了他的物理学的惯性定律。

第一条自然定律：在没有任何东西来改变它的那段时间里，每个事物都持续存留在它所处的状态中。(Principes，AT IX 84)

第二条自然定律：所有运动物体都倾向于在直线中继续它的运动。(Principes，AT IX 85)[[33]](#footnote-33)

进一步地，笛卡尔认为“物质与广延同一、空间总是被充满”，因此，他就不同意原子论的虚空概念。他提出“宇宙漩涡说”，认为真空中充满了空间物质，它们围绕太阳形成漩涡，这种漩涡导致了太阳系的形成。具体而言，就是在充满空间物质的宇宙中，一个运动的物质进入到另一个运动物质留出的空间，形成一个闭合的循环，由此使得每一个运动必定是圆周运动。圆周运动有一种离心趋向，在所有物质中产生离心的压力。这样一来，所有的物质处于涡旋运动中。从此出发，笛卡尔试图推出我们观察到的现象，包括太阳系的构成、行星的轨道、重力现象、光现象、磁现象等。

在笛卡尔看来，地球上的物体是没有灵魂的，空间又是充满介质的，因此物体之间的作用力只可能通过物体的相互碰撞来传递，而不是通过诸如“超距作用”[[34]](#footnote-34)来进行，因为后者是可以不通过特定媒介物体而无阻碍地在全部空间中起作用的。鉴此，在笛卡尔看来，一个物体对另外一个物体的力的作用，是以与此物体进行实际接触和碰撞为前提的，由此，他提出了第三自然定律，即“如果一个运动物体碰到了另一个，并且，它所具有的继续保持直线运动的力比另一个物体所具有的阻抗它(继续做直线运动)的力更小，那么，它就会丢掉它运动的方向而不会丢掉它的运动；而如果它的力更大，那么，它就会同这另一个物体一起运动，并且它所丢掉的运动与它传递给这个物体的运动相同”(Principes，AT IX 86-87)[[35]](#footnote-35)。

顺理成章地，当笛卡尔得知某些学者旨在以地球与月球之间的“吸引”来解释它们的运动时，他做出了激烈反应：“没有比上述所作的假设更荒谬的了；作者假设有某种特性是世界物质各个部分中所固有的，由于这种特性的力，各部分互相靠近并且吸引。他又假设有一种类似的特性是地球各部分所固有的，认为地球的每一部分都与其他部分有关联；并且假设这种特性不以任何方式干扰前一种特性。为了理解这一点，我们不仅需要假设每个物质质点都是有生命的，甚至是通过大量不同的、彼此互不干扰的灵魂而获得的生命，而且还要假设这些质点的灵魂都具有一种真正神性才有的知识，以致无须任何媒介，他们就可以知道很远地方的情况，并据此而行动。”(Principes，AT IV 396)[[36]](#footnote-36)简单地说，“对于笛卡尔来说，说地球可以‘吸引’月球，从而使得月球做圆周运动，这就相当于说地球具有了‘灵魂’，拥有了对于‘月球’的认识，地球与月球之间的作用力就成为灵魂与物体之间的作用，而这对于强调‘灵物绝对二分’的笛卡尔哲学来说，显然是荒谬的”[[37]](#footnote-37)。

以上是笛卡尔的机械自然观在其物理学研究上的体现。事实上，笛卡尔也将其机械自然观应用于他的生物学研究中。他认为，动物是机器，没有心灵参与的人的身体也仅仅是机器。笛卡尔说：“在动物的肉体中，和在我们的肉体中一样，存在着骨、神经、肌肉、血液、动物精气，以及其他的器官，这些器官之间互相配置，以至于它们可以仅仅凭借自身，而不依靠任何思维的帮助就可以做出所有我们在动物那里观察到的行为；这样的(不依靠思维的)行为在人的‘痉挛’这里就可以看到，此时，不依赖灵魂，肉体这台机器经常会以比它惯常在意志的帮助下更激烈也更多样的方式被推动。”(à Morus，5 Février 1649，A III 886)[[38]](#footnote-38)如果是这样，那么，按照笛卡尔的观点，动物虽然是有生命的，但是它没有思想和灵魂，它的生命现象不需要思想和灵魂来参与，对它的研究就可以像对研究物理学的对象那样，完全摆脱“目的”“灵魂”等因素的影响，以机械论的方式来研究。抱着这样的态度，笛卡尔就把心脏中的热量类比为粮食囤中干草发酵所散发出的热量。(Le Monde，AT XI 121-123)[[39]](#footnote-39)“当然，如果以精确的解剖学和生理学知识来判断，笛卡尔在解剖学知识中混入了那么多的想象，这确实是错误的。但他的学说却得到了人们广泛的理解、仿效和信任。他向科学家们挑战，要求用对待所有其它科学问题相同的方式来处理人类肉体和精神这两方面的问题。斯坦诺把笛卡尔看成是第一个‘敢于以一种机械方式来解释人类的全部功能，特别是脑的功能’的人。”[[40]](#footnote-40)

笛卡尔的机械自然观对于科学的发展意义重大。在此之前，物理学遵循的是亚里士多德的范式。在亚里士多德的体系中，物理学与机械学有着明显区别。“自然哲学(物理学)按照自然事物本身的状态来对待它们，探究它们的本质和自然(物理)现象的真实原因。但是，自然界的事物并不总按照我们想要的方式运行。在另一方面，机械学是一门人工的、自然的科学，因为它们被配置成有利于我们的装备。这样，它是对物理学本身的补充：它至少处理了物理学中没有处理的某些种类的东西，特别是人造的东西、机械。”[[41]](#footnote-41)据此，物理学只关注自然事物，机械论只关注人工事物的运作。但是，在笛卡尔的机械自然观中，对“机械学”的理解更加彻底。“在这里，‘机械学’并不是对已经形成的物理学知识的技术应用，而恰恰是物理学本身就需要借助‘机械学’的原则来构成。”[[42]](#footnote-42)“在这样的意义上，在笛卡尔的体系中没有‘人工的’与‘自然的’之分，全部物体的运动都要受到‘机械原则’的支配。”[[43]](#footnote-43)由此，机械论因果解释方式就可以应用于所有的自然对象中，或者，按照笛卡尔的话说，就是“机械学的全部规则都属于物理学”(toutes les règles des mécaniques appartient à la Physique.)(Principes，AT IX 132)[[44]](#footnote-44)。“我整个物理学就仅仅是机械学。”(My entire physics is nothing but mechanics.)[转引自Garber(2002)，192；原文出自à Debeaune?, 30 April 1639，A II 532][[45]](#footnote-45)他在《哲学原理》的结尾部分说道：“机械论里的所有解释，没有哪一个是物理学用不到的，因为物理学就是机械论的一个部分或者其下属的一个科目。”[[46]](#footnote-46)

(二)通过物体的广延和运动建立普遍科学

关于人类的认识，笛卡尔提出了四条基本原则。

“第一条是：凡是我没有明确地认识到的东西，我决不把它当成真的接受。也就是说，要小心避免轻率的判断和先入之见，除了清楚分明地呈现在我心里、使我根本无法怀疑的东西以外，不要多放一点别的东西到我的判断里。

“第二条是：把我所审查的每一个难题按照可能和必要的程度分成若干部分，以便一一妥为解决。

“第三条是：按次序进行我的思考，从最简单、最容易认识的对象开始，一点一点逐步上升，直到认识最复杂的对象；就连那些本来没有先后关系的东西，也给它们设定一个次序。

“最后一条是：在任何情况之下，都要尽量全面地考察，尽量普遍地复查，做到确信毫无遗漏。”[[47]](#footnote-47)

在上述四条原则中，“第一条包括了他的方法论的怀疑、理性主义的真理标准以及理性直观方法。第二条论述了寻求简单自明原理的分析方法。第三条是按照从简单到复杂的上升的程序进行的演绎推论方法。第四条是全面列举和普遍审视即他所谓的‘归纳’的方法”[[48]](#footnote-48)。

有了上述思想，笛卡尔相信了数学在定义原理或原初命题中的作用，并试图以数学为基础，建立普遍的科学。

笛卡尔对于自然的数学哲学以及数学方法的运用，有其非常重要的见解。在伽利略那里，数学是一个探索自然的工具；而在笛卡尔那里，则要运用数理方法，借助数学演绎的确定性，建立普遍科学，达到人类全部知识的确定性和可靠真理，完成传统哲学无法完成的任务。

如果说伽利略是在区分第一性质及第二性质的基础上，通过测量以及理想化实验的方法，实现了物理学的数学化[严格地说是实现了静力学(运动学)的数学化]，那么笛卡尔就是在哲学上为科学数学化以及普遍科学的建立，寻找形而上学的根据。

与伽利略认为知识来源于观察而不是书本不同，虽然笛卡尔在许多科学工作中也做了实验，并且要求理论符合事实，但是，他认为人们能完全弄清楚的东西，“即便是形体，真正说来，也不是为感官或想象力所认识，而只是为理智所认识；它们之被认识，并不是由于被看见或摸到了，而只是由于被思想所理解或了解了”[[49]](#footnote-49)。为什么笛卡尔会持这种观点呢？他认为感觉经验是靠不住的，会导致幻觉，只有依靠以数学为楷模的理性演绎方法去认识世界，才能获得并建立可靠的知识体系。他强调数学所展示的由最少的极清晰的概念，经确定的推理得到大量确凿结论的方法，同样可以在其他科学中贯彻。

他试图解决两个问题：一是数学方法为什么可以作为构建普遍科学的有效方法？二是将以数学为楷模的理性演绎方法运用于认识世界时，为什么会获得可靠的知识体系？

对于第一个问题，其与笛卡尔的自然数学化以及数理方法的普遍化有关。笛卡尔认为，自然界是一个存在于空间中的巨大的物质世界，不具有精神，是一部机器；自然界中的具体事物不存在任何一种活的要素，仅由惰性的物质微粒构成，这些微粒的运动引起了所有的自然现象，这些现象均可由因果性的机制来解释；自然界中的事物都在按照物理的必然性运动变化，与各种思维存在物，如灵魂、活的要素、爱、憎、魔力等无关。笛卡尔认为，自然中的物质最基本的性质就是广延和运动。广延是可以量化的，并且物质世界可以还原为由长、宽、高三维构成的广延。物体并不异于广延，也就是说，如果我们把物体的所有可感性质，如硬度、颜色、重量、冷、热等都抽去，那么剩下的就只能是它沿长、宽、高的广延。如此一来，广延和运动是可量化的、可测量的，它们是清晰而明确的概念，我们可以清晰而明确地理解它们。而且，他指出，没有实体的绝对虚空是不存在的，空间也不是无限的。客观世界是空间的展现或几何学的具体化，因而其性质可以从几何学的第一原理[[50]](#footnote-50)中推导，可以由数学来获得对世界的认识。笛卡尔关于物质是广延的观点，为其科学的数学化提供了支持。“真实的世界是可用数学表达的物体在空间和时间中的运动的总和，而整个宇宙是一部巨大、和谐、根据数学设计的机器。”[[51]](#footnote-51)这就从自然本体论的角度回答了数学何以能够运用于对自然的认识之中的问题。

笛卡尔的目标远不止于此。他的最高目标是要建立普遍科学。根据笛卡尔的观点，物质就是空间上的广延性。物质的所有本质在于其在空间中的广延，仅仅存在于诸如形状、大小和运动等属性上，其差别仅仅在于其广延上的差别。一旦丧失了广延性，物质就不存在了，而丧失了其他属性，物质仍然存在。所以，广延性就是物质的本质属性。不仅如此，他还认为，物质的全部样式的多样性，都依赖于运动。既然如此，所有自然变化都可以通过运动中的物质的空间属性，按照组成它们的微粒的不同形状、大小和运动来进行解释。

笛卡尔就是这样，把世界的存在归结为广延和运动，也就是归结为数和几何图形。他认为，事物的差别仅仅表现在量上，在对自然进行量化的过程中，可以通过研究世界的可量化属性之间的关系，如大小、形状和运动等，来研究自然。物质世界的所有事实，都可以用几何学术语来表述。“这就将所有自然界的事物放到了同一层面上，服从同样的物理规律。”[[52]](#footnote-52)既然物质以及支配物质的规律具有统一的本质，那么紧随而来的就是科学的统一了。笛卡尔进一步认为，这种科学的统一应该是数学，理由是，既然物质的所有属性可以根据物质的广延和运动得到解释，而广延和运动又可以由数学表述，因此，所有的科学都可以归化为数学，数学是科学的精髓。

对于第二个问题，笛卡尔认为，应该与数学演绎方法的特征以及人类认识的特征有关。根据笛卡尔的思想，所谓“以数学为楷模的理性演绎方法”可分为两个方面：一是理智直观，二是演绎。主要步骤是：首先由理智直观“发现”不证自明的、无可置疑的第一原理——公理，然后再从公理出发，按照演绎方法和严密逻辑，进行推演，形成知识体系。在笛卡尔看来，数学是建立在理性直觉基础上，经过演绎途径得到的，所以数学比其他科学更可靠。

不言而喻，上述运用数学演绎方法进行认识的真理性完全依赖于第一原理是否正确。第一原理的正确性又是如何保证的呢？笛卡尔是这样进行论证的：人类以及人类的大脑是不完美的，不完美的人类大脑导不出或造不出一个完满的存在的观念。但是，人类大脑中的确有完满的观念，尤其是关于一个全知、全能、永恒、完美的存在的观念。既然如此，这一观念是如何得来的呢？“我既然在怀疑，我就不是十分完满的，因为我清清楚楚地见到，认识与怀疑相比是一种更大的完满。因此我想研究一下：我既然想到一样东西比我自己更完满，那么，我的这个思想是从哪里来的呢？我觉得很明显，应当来自某个实际上比我更完满的自然。”[[53]](#footnote-53)这就是说，大脑中的完满的观念只能从一个完满存在的实在中得出，这个完满的存在就是上帝，所以上帝存在。“在我心里想到一个比我自己更完满的是者[[54]](#footnote-54)的时候，情形就不能是这样了，因为凭空捏造出这个观念显然是不可能的事情。要知道，说比较完满的产生于比较不完满的，说前者沾后者的光，其不通实在不下于说无中生有，所以我是不能凭自己捏造出这个观念的。那就只能说：把这个观念放到我心里来的是一个实际上比我更完满的东西，它本身具有我所能想到的一切完满，也就是说，干脆一句话：它就是神。……要想发挥我的本性的全部能力去认识神的本性，就不用做什么别的，只需要把我心里所想到的东西统统拿来，看看具有它们是完满呢，还是不完满。我深信：凡是表明不完满的，在神那里都没有，凡是表明完满的，在神那里都有。于是我看到，怀疑不定、反复无常、忧愁苦闷之类事情，神那里都不可能有，因为连我自己都很乐意摆脱它们的。”[[55]](#footnote-55)不仅如此，完满的上帝不会欺骗我们，所以可以依靠我们的直觉来得出一些真理。数学公理作为我们最清楚的直觉，必然是真理。由公理推理出来的定理是正确的，因为上帝不会允许我们虚假地推理。[[56]](#footnote-56)鉴此，笛卡尔就得出结论：只有依靠理性的直觉和演绎的知识才是可靠的，为了确立真理，也应该运用数学方法。[[57]](#footnote-57)

沿着同样的思路，在《探求真理的指导原则》中，笛卡尔明确地指出了普遍数学的概念：“谁要是更细心地加以研究，就会发现，只有其中可以觉察出某种秩序和度量的事物，才涉及数学，而且这种度量，无论在数字中、图形中、星体中、声音中，还是在随便什么对象中去寻找，都应该没什么两样。所以说，应该存在某种普遍科学，可以解释关于秩序和度量所想知道的一切。它同任何具体题材没有牵涉，可以不采用借来的名称，而采用已经古老的约定俗成的名字，叫做普遍数学(mathesis universalis)，因为它本身就包含着其他科学之所以也被称为数学组成部分的一切。它既有用，又容易，大大超过了一切从属于它的科学。”[[58]](#footnote-58)他认为：“既不承认也不希望物理学中有任何原理，不同于几何学和抽象数学中的原理，因为后者能对所有的自然现象给出解释，而且能对其中某些给出证明。”[[59]](#footnote-59)笛卡尔明言他最热爱数学，他能清楚地回忆起在1619年11月10日梦中所发生的事情，在梦中他获得了真理的启示：数学是“一把金钥匙”。醒来后，他即刻深信整个自然界就是一个巨大的几何体系。[[60]](#footnote-60)他的名言是：“给我运动和广延，我将构造出宇宙。”[[61]](#footnote-61)这样，数学就被笛卡尔作为一种普遍的方法系统地引入了自然科学研究的一切领域，并成为衡量一门知识是否有资格被称为科学的基本标准。如此一来，自然被整个地数学化了。

笛卡尔机械自然观的意义是重大的。他认为整个宇宙是一架机器，根据自然规律来运转，这些自然规律可以通过人类理性，尤其是数学推理来发现。这可以看作是笛卡尔运用理性演绎方法，将数学运用于自然认识中的最主要的原因。笛卡尔的科学数学化思想(当然还有伽利略)影响了后来自然科学的发展进程。“在1650年，自然界的数学解释已经风行全欧洲，并成为一种时尚，以至于印有笛卡尔名字的精美、昂贵的书籍，成了贵妇们梳妆台上的装饰品。”[[62]](#footnote-62)牛顿也相信上帝根据数学原理设计了世界，在他的划时代著作《自然哲学之数学原理》的序言中，他指出他的研究目标是“力图以数学定律说明自然现象”。牛顿达到了这一目的，自牛顿开始，由于微积分的发明，力学的数学化便逐步臻于完善。

三、机械自然观建构和被接受的原因

亨利将笛卡尔的机械自然观概括为三方面：一是物质的新理论；二是因果关系的新概念；三是自然本质的新思想。

作为第一个方面的“物质的新理论”，包含以下内容。

(1)物体所有属性和性质都取决于它的形状、大小和运动，但有时必须从其构成微粒的形状、大小、排列和运动来理解。

(2)所有物体都被认为是由看不见的微小的物质微粒组成。

(3)远距离作用是不可能的。

(4)在物质当中或其他任何地方，都不存在诸如“神秘特质”(occult qualities)、“力量”(powers)、“同情”和“厌恶”(sympathies and antipathies)、“精气”原则(“vital” principles)或“生机”原则(“animate” principles)这样的东西。

(5)区分了第一性质(primary qualities)(如形状、大小、排列和运动)和第二性质(secondary qualities)(如热、颜色、质地等)，第二性质都可以还原为第一性质(如原子或微粒没有颜色，但它们不同的运动速度在眼睛/大脑中产生了不同颜色的感觉)。

作为第二个方面的“因果关系的新概念”，包含以下内容。

(1)亚里士多德四因说(质料因、形式因、动力因、目的因)的解释被拒绝了。

(2)只有动力因被认为是可理解(即立即给事件带来一个新的状态)的，动力因按照物体之间的接触行为、碰撞或相互纠缠而被理解(因果关系类似于钟表或桌球)。

(3)考虑到原子论的假设或物体的微粒结构，以及神秘力量的拒绝，动力因往往被归结为“物质运动”(matter in motion)。

(4)“力”唯一有效的概念是“冲击的力”(force of impact)或“运动的力”(force of motion)。

(5)动力因被整合为三种高度具体的自然法则的形式。

作为第三个方面的“自然本质的新思想”，包含以下方面。

(1)包括生物现象在内的所有现象，通过使用力学模型或类比，是可以用“机械”(mechanistic)[[63]](#footnote-63)术语来解释的。世界就像一个巨大的时钟。

(2)以前人们对“自然的”(natural)和“人工的”(artificial)的区分是不正确的。机器(machinery)不再是自然魔法的领域，而是自然哲学的领域。自然是上帝的杰作，优于人造机器，但在性质上两者并无不同。[[64]](#footnote-64)

依据这些方面及其条目，笛卡尔机械自然观就向当时的人们提供了明确清晰地看待自然以及认识的思想路线。大约在17世纪20—40年代，机械论哲学作为自然哲学的一个新体系或新类型被提出且被一部分人接受，而到了1660年或1670年，几乎所有受过教育的人们都认为机械论哲学大体上是正确的，并且迅速接受了蕴含于其中的机械自然观。[[65]](#footnote-65)这种情况是如何发生的呢？这与当时社会的宗教、文化等紧密相关。

舒斯特认为，机械自然观的被接受与巫术型柏拉图主义的拒斥有关。他认为：“它与试图推翻亚里士多德哲学关系不大，但却关系到试图摧毁一个激进的新挑战者——新柏拉图主义，特别是新柏拉图主义中备受吹捧的‘巫术’(magic)形式。”[[66]](#footnote-66)“1500—1650年，特别是在这一时期的最后50年，见证了相信各种新柏拉图主义自然哲学的潮流的兴起，它常常(但不总是)伴随着巫术的暗示或旨趣。值得注意的是，机械论哲学在17世纪20年代初创之时，恰逢巫术型新柏拉图主义自然哲学的兴起和广泛传播。人们创立机械论哲学的原因，在很大程度上就是为抵抗这些新柏拉图主义哲学。”[[67]](#footnote-67)

如前所述，新柏拉图主义的一个最基本的原则是，上帝是按照宇宙和谐来创造这个世界的，从而也使得其呈现数学的简单优美性。这点充分体现于哥白尼的日心说和开普勒的行星模型以及行星运动定律。不仅如此，“对于一些新柏拉图主义者来说，数学不仅仅是物理世界中的和谐与对称，它还有神秘的数学元素及维度，在这种神秘维度中，人们可以利用数学中某些深奥的或神秘的方式去获得超自然的、宗教的和精神性的知识”[[68]](#footnote-68)。

除此之外，新柏拉图主义的另外一个基本原则是，宇宙是分等级的，上帝是最高级的存在，是纯粹的精神，是最完美的。在其之下，是一系列基于物质和精神之间(实在)的平衡的等级系统。对于宇宙中的天体，太阳是最好的，它虽然是物质的，但却是有灵魂的，具有很高的精神性，能够发光和发热(发光和发热都是一种精神力量)，导致地球上生命的存在。对于其他行星，它们的精神性要比太阳差一些。太阳以及行星将它们的精神性投射到地球上的事物，从而导致地球上的事物的精神性程度的不同：其中有一些事物如金银、磁石等含有相当数量的精神因素但无灵魂，许多其他的物体则缺乏精神，或只含有少许精神，甚至某些事物没有精神，成为无理性物质。由此，地球上不同类型的事物都有不同的星相起源，据此可以解释事物之间的亲缘关系。

在地球上所有的事物中，人类比较特殊，人体就是大宇宙的小宇宙，其内部各个部分和每一个方面都与自然和天空中的事物对应关联，人体各部分之间的关系折射着宏观宇宙中的各种关系。例如，在人体中，就有与火星这种“红色行星”相联系的器官——心脏和血液，它们是红色的，代表着勇敢、力量和战争，因为火星投射出同一种精神，这种精神把受火星浸渍的物体变为火星的或战争类型的事物，具体见图9.2。



图9.2　占星术的影响的例子及大宇宙/小宇宙的密切关系的例子[[69]](#footnote-69)

对此，舒斯特就说：“这可能听起来是幼稚的和愚蠢的，但对于新柏拉图主义者来说，这一理论极其复杂，并且揭示了自然之中的网格或密码，揭示了自然的本质，而不是自然表面所呈现的样子。自然就是地球之物和星际之物间的一种精神关系体系。”[[70]](#footnote-70)这种精神关系的实际应用就是自然巫术(natural magick)，它的目的就是控制和支配自然。如对于帕拉塞尔苏斯来说，人体的贫血就是“血弱”，而“血弱”就是人体缺少火星的精神发散物，为了增加这一发散物，就要用含铁的混合物制成的药物，因为铁矿石及其生成物富含火星的精神发散物。如此，帕拉塞尔苏斯就用占星术、炼金术、民间知识，以及新柏拉图主义的基本概念，来治疗贫血。这就是自然巫术在医学中的应用。另外，这种自然精神也应用于炼金术中。炼金术认为，地球上生长着各种各样的金属，它们在刚开始生长时都是贱金属(the base metals，如铜和锡)，但是如果金属在地球上不被干扰地保持足够长的时间，它们就会全部变成贵金属(the noble metals，如金和银)。……炼金术士想要做的事情就是在实验室里加速这一进程。炼金术的目的不是从无到有地创造金子，而是加速金和银生长的自然过程。如何才能加速这一过程呢？那就是融入这一基本进程，并且学会如何干预以加速这一进程，这就是巫术的范畴了。[[71]](#footnote-71)

舒斯特称上述新柏拉图主义为“巫术型新柏拉图主义”(magical neo- Platonism)。他认为，与新柏拉图主义相比，亚里士多德哲学没有对自然的控制，没有真正的智慧，没有精神的完善，没有什么实际用处。所以，在16世纪，新柏拉图主义吸引了很多重视操作、实践和技术的人。那些对实践、对数学、对经验感兴趣的人，都可能成为新柏拉图主义者。就此而言，对于当时的许多人来说，巫术型新柏拉图主义比亚里士多德自然哲学更好。[[72]](#footnote-72)

既然如此，又为什么会有机械论哲学被建构并且代替新柏拉图主义呢？舒斯特认为：“原因在于，对于某些知识分子来说，巫术型新柏拉图主义也表达并促进了危险的政治、社会和宗教的思想及纲领。”[[73]](#footnote-73)

在16世纪晚期和17世纪早期，新柏拉图主义者不仅仅致力于巫术，而且还支持社会和政治改革方案。他们认为：“如果我们全都成为巫术型新柏拉图主义者，那么我们就能够解决宗教问题，重新统一欧洲，使每个人都快乐并且停止新教徒和天主教徒之间的宗教战争。”[[74]](#footnote-74)由此，以巫术型新柏拉图主义者，包括激进的路德会教友、炼金术士等形成一个团体——玫瑰十字会会员(Rosicrucian)，来推进这项改革。他们提议(基于巫术型新柏拉图主义)建立一个新教的欧洲联合体以对抗天主教。

上述巫术型新柏拉图主义的改革方案遭到那些后来被称为“机械论哲学家”如笛卡尔、霍布斯等的反对。在政治上，他们无法忍受废除英国和法国君主政体的政治方案；在宗教上，他们不想接受神秘的经验和启示，以及那些受神启发的巫术士；在社会上，他们不能容忍那些文化不高的工匠、外科医生以及药剂师到处声称他们对自然的无所不知。他们试图变革巫术型新柏拉图主义的自然哲学，以一种新的自然哲学思想引领社会和科学。这种新的自然哲学就是机械论哲学。

所以，机械论哲学的提出主要不是针对亚里士多德自然哲学的，而是针对巫术型新柏拉图主义。比较机械论哲学和巫术型新柏拉图主义，它们之间虽然有着某些共同的价值观和目标，但它们之间也有明显的不同。

在本体论上，机械论哲学把世界看作是由上帝创造的机器，其中物质性的微粒及其时空关系的不同组合(尺寸、形状、硬度和移动性)，决定了事物的存在及状态；巫术型新柏拉图主义则把世界看作是由不同程度的精神性物质组成的等级体系，地球上事物的性质是由上天对应的精神性的存在决定的。

在认识论上，机械论哲学认为，事物的性质都可以归结到原子或微粒的大小、形状、移动或静止，以及不可分割的属性等第一性质上，源自人类感觉和意识的第二性质如味道、气味、颜色、冷热、湿干等，取决于人类的神经系统、感觉系统和接受原子或微粒以及它们的运动；巫术型新柏拉图主义则坚持人类不仅有一个由物质构成的、可腐化的肉身，而且还拥有最高等级的灵魂，有能力洞悉整个自然的神秘模型，因为上帝在创世之初就已经把洞悉该模型的潜能设定在人类的灵魂之中了，对于有教化的人来说，只要付出适当的努力并拥有适当的道德态度，就应该有可能获得关于自然的几乎神圣的知识。

在方法论上，机械论哲学认为，人类感觉是不可靠的，由此获得的事物的第二性质也是不可靠的，应该通过仪器设备和数学的理想化方法的使用，对对象进行可信的微观的机理模式的实验以及对结构进行数学的机理描述，把第二性的质还原到第一性的质，以此拓展和完善人类的感觉，达到非神秘的数学理性；巫术型新柏拉图主义认为，上帝是有智慧的，上帝在创造世界之时就将数学原型和谐地置于世界之中，而那些具有特定伦理态度之人，通过触景生情而“回忆”与真实事物发生关联，凭借理性乃至直觉感应洞察世界的神圣作用以及数学结构。

在价值论上，机械论哲学认为，人类认识自然的目的首先在于获得关于世界的结构的认识，增进对自然规律的理解，以及这种结构与上帝创世说的契合；其次在于应用相关知识，有效地控制自然，为人类的物质和精神利益服务；巫术型新柏拉图主义则认为，人类认识自然的目的一是为了体现上帝创世的伟大，二是为了达到个人精神的完善，三是为了人道主义以及道德的目的，获得有效控制自然的力量。

综合比较机械论哲学和巫术型新柏拉图主义的异同，前者要比后者优越得多。“机械论逐条回答了巫术型新柏拉图主义的问题或难题，或终结了出现这些问题的可能性。无需恶魔巫术[[75]](#footnote-75)，无需神秘的天启，无需神秘的数学，无需天体和谐，只需直截了当的数学。”[[76]](#footnote-76)与此同时，机械论者保持了宗教和自然哲学之间的正统关系，即“上帝是造物主，上帝是超验的，上帝创造了自然，上帝不等于自然”。“机械论哲学家在思想上是进步的，但在社会和政治上却是保守的。”[[77]](#footnote-77)这应该就是机械论哲学提出并且被社会接受的最重要的原因。

需要指出的是，所有的机械论者都是实在论哥白尼学说的信徒。这些机械论哲学家很大程度上是在接受开普勒、伽利略等的相关学说的基础上，进一步认为哥白尼学说是正确的，从而接受它。不过，必须说明，这并不意味着机械论哲学家因为接受了哥白尼学说而创立了机械论哲学——“大多数情况下，机械论哲学家选择成为机械论哲学家，同时也就选择了哥白尼学说，而不是在选择了哥白尼学说之后再为之创立机械论哲学。”[[78]](#footnote-78)更为重要的是，机械论哲学在当时被看作是最正统的基督教自然哲学。根据这些机械论者[(伽桑狄是一名天主教神父，梅森(Marin Mersenne，1588—1648)是一位修道士，笛卡尔实际上是天主教徒，而霍布斯和比克曼都是新教徒)]的观点，机械论哲学是你可以期望的最具基督教精神的和神学上最正统的自然哲学，因为没有什么比让上帝创造一个如机器般的自然，而这个机器般的自然什么也不能做，完全取决于上帝，更能体现“上帝是万能的造物主”这一思想的了。[[79]](#footnote-79)

这就是上帝创造世界的自然“机器”的隐喻。根据这一隐喻，“第一，‘自然即机器’，意味着人们必须用数学方法来研究和解释自然。第二，‘自然即机器’，也意味着人们可以对它进行拆解并对它进行实验。第三，为了人类的物质利益，人们可以拆解自然，毕竟自然只不过是一台机器，上帝把它摆放在那儿并且给予我们心智去理解它；理解自然的唯一方式就是将它拆解”[[80]](#footnote-80)。不仅如此，“自然即机器”也使人们把科学与技术及其工艺联系了起来，使人们成为自然的主人，认识并且控制自然为其服务。

从上面的论述可以看出，机械论哲学的提出并且被接受并非由于机械论者发现了自然是一架机器，也并非他们发现了自然界事物中的原子或微粒以及它们之间的相互作用，而是基于社会的、政治的、宗教的以及其他方面的原因，提出的对自然加以认识和控制的自然哲学的形而上学思想。它比巫术型新柏拉图主义更合理，从而被接受；被接受后又进一步证明它更合理、更正确并且大获全胜。正如舒斯特所言：“机械论哲学并非因其是正确的而被接受，而是因为其被接受了才被看作是正确的，而且人们接受它是出于政治的、宗教的和社会的原因。这就是机械论如此迅速的大获全胜的原因。”[[81]](#footnote-81)

四、机械自然观引导17世纪科学革命

如果孤立地、静止地看待笛卡尔对自然界中各种现象的解释，就会发现他是很不成功的。莱布尼兹挑战了他的运动和连贯性定律，牛顿挑战了他的星球漩涡运动，还有其他人挑战了他的关于磁力和重力的描述，等等。这种状况使得笛卡尔的物理学在18世纪被遗弃了，也使得科学史家柯瓦雷曾这样评价笛卡尔的科学研究：他“试图使科学隶属于形而上学，用那些关于物质结构和行为的、未经证明且不可能得到证明的幻想的假说来取代经验、精确性和测量，这种做法不仅不合时宜，而且反动和虚妄”[[82]](#footnote-82)。

当然，这只是牛顿主义者心中的图像，并不能掩盖笛卡尔机械论思想的伟大。“笛卡尔哲学的意义是重大的。他创立了一种不同于亚里士多德和文艺复兴时期的自然哲学，扭转了以往人们以有机论观点看待自然的方式，代之以机械论的理解和描述，为17世纪的科学家提供了一种解释已知现象的方式——机械论方式，并为17世纪的科学革命提供了自然观基础。”[[83]](#footnote-83)考察17世纪的科学研究，可以这么说，“17世纪的几乎所有科学工作都受到了机械论哲学的影响，离开了机械论哲学，大部分工作都无法得到理解”[[84]](#footnote-84)。

(一)机械自然观在物理学上的应用

在物理学上，与笛卡尔同时代的法国哲学家和科学家伽桑狄，就将朴素的古代哲学原子论改造为“机械原子论”。在1648年前后，他发表了《伊壁鸠鲁的哲学体系》等著作，宣扬世界上的所有物质都是由相同质料的原子组成的，物质的性质取决于这些原子的形状、大小和机械运动状态。在流体静力学上，科学家们运用微粒学说和真空学说，解释了虹吸管和气压计中液面的高度问题。在光学上，机械论哲学促使了光的微粒学说的提出，并由此解释了许多已知的光学现象，如光的直线运动、反射和折射等。

这里以虹吸现象、气压计实验以及大气压力的解释为例加以说明。

人们很早就知道虹吸现象，并且也观察到虹吸管最高能把水吸到大约34英尺的高度。为什么会有这一现象呢？伽利略对此作了解释。他在1638年出版的《关于两门新科学的对话》中认为，之所以会有大约34英尺高水柱这一现象，是因为水这种物体是由无限小的真空分开的无限小的微粒构成的，真空吸引导致了一种内聚力，从而导致我们看到的现象。

上述解释从来没有成功。17世纪的自然哲学家们继续思考这一问题。他们于17世纪40年代把虹吸管的一端封闭起来，做成人类历史上第一个水气压计，装满水倒立于装有水的水槽中发现，管子中水的高度大约为34英尺，而且封闭一端的顶部有一没有水的空间。

这一空间是什么呢？又是什么支撑水柱的高度为大约34英尺呢？当时一些研究者认为，上述封闭一端顶部空间内空无一物，是真空，支撑水柱高度的应该是大气的重量，它与大约34英尺水柱高度的水的重量相平衡。

如果是这样，装在上述气压计中的液体越重，则液面的高度将会越低，因为在他们看来，与此装置相连的外在的空气重量是一定的。依据此设想，托里拆利(Evangelista Torricelli，1608—1647)于1644年制成第一只水银气压计，经过实验发现，管中的水银柱的高度为29英寸，是上面水气压计高度的1/14。

为什么会出现这一现象呢？根本原因在于水银的密度是水的密度的14倍，因此，托里拆利管中的水银柱高度就为相应的水气压计中水的高度的1/14。如此，就从相应装置的一侧——大气与另外一侧——封闭的液体之力学平衡的角度，机械性地解释了相应的现象。

不过，这种机械论的解释并不能立即被当时的人们普遍接受，因为上述解释已经预设了托利拆里管中封闭一端顶端的真空的存在，而“真空不存在”以及“自然界厌恶真空”的观点在当时还很流行。当时的亚里士多德主义者就是依据“真空不存在”以及“自然界厌恶真空”给出了他们的解释：一派认为，对于管路封闭一端顶端的空间，不可能是真空，即空无一物，必须有某个东西占据此空间，这一东西是气泡，当管子被竖起时，气泡肿胀，或者不如说被拉伸，直到其张力中心支撑管中水银；另外一派认为，液体上方形成了蒸汽，驱使液体下降，如果没有蒸汽，水银就会充满管子。

上述观点是否正确呢？如果管中真有一个气泡，并且凭借其张力支撑着液柱，那么在气泡所占据的空间与液柱的高度之间应该有一个关系。帕斯卡用水银气压计于1646年做了如图9.3的实验，表明在任何情况下，管中液柱的高度都是29英寸，与管顶部所谓的“气泡”大小无关；而且，当将管子倾斜，水银面的垂直高度不变，当管子的顶部下降到29英寸时，水银上方的空间消失，所谓的“气泡”也随之消失。这表明亚里士多德学者的所谓“气泡说”是不成立的。

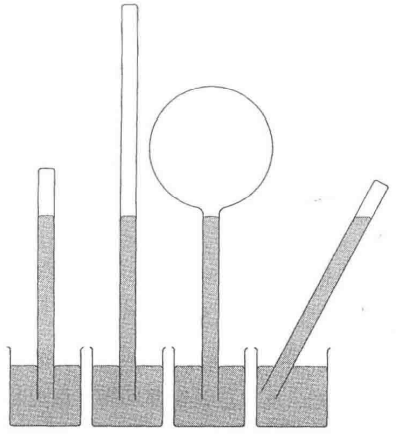


图9.3　真空与水银的比例[[85]](#footnote-85)

至于亚里士多德学者的“蒸汽说”，也是没有根据的。因为，根据“蒸汽说”，酒比水轻，而且更具挥发性，因此也就更能产生蒸汽，从而使得酒精柱的高度更高。帕斯卡在鲁昂港的一艘船的桅杆旁竖起两根长管，分别充满酒精和水，进行相关实验，得到与“蒸汽说”预测相反的实验结果。

按理说，到此帕斯卡应该赞同气压计的机械论解释而认为真空是存在的。不过，也许是受到传统观点的影响，他仍然持有“自然厌恶真空”的观念，只是他认为自然对真空的厌恶是有限的，由29英寸高的单位水银柱的重量来衡量，当超过这个重量就可以创造出真空。

这就是说，帕斯卡承认在上述实验9.3的几种情形中确实创造了真空，水银柱的共同高度29英寸是由其承载的重量与大气的重量达到平衡的结果。由此他想到改变气压计在大气中的高度，以观察其中液柱高度改变的实验：他把一支气压计放在山脚下作基准，把另一支气压计由他的内弟带到多姆山(Puy de Dôme)，结果表明山顶上的气压计的液柱高度下降了。这一实验结果更加充分地证实了液柱高度的机械论解释：随着气压计高度的上升，其外部空气越来越稀薄，与之平衡的气压计液柱高度也越来越低。就此，气压计的作用原理与简单的机械平衡相等同。

不过，必须清楚，直到此时，人类仍然没有直接制造出真空。要想制造出真空状态，最好、最直接的方法就是制造出空气泵，抽出某一容器中的空气，产生不含物质的空气。1650年，盖里克(Otto von Guericke，1602—1686)首先实现了这一点，并且研究真空的相关性质，得到“声音不能在真空中传播”“真空不能助燃”等结论。

1657年，波义耳听到盖里克的上述实验之后，在胡克的帮助下设计制出了比盖里克更好的空气泵，并且由此产生出“波义耳真空”。进一步地，他把水银气压计放在封闭的带有空气泵的储气器中进行实验，随着空气的逐步被抽出，水银柱的高度逐渐减少。根据这一实验结果，他想到，液柱高度的变化不可能是液柱重量与其外在空气重量平衡的结果，因为上述实验抽出的空气太轻了，与水银柱中的水银重量相比微乎其微，绝对不足以与水银柱中的水银重量相平衡。

既然如此，是什么导致气压计中液面高度变化呢？波义耳做了另外一个实验，发现即使含有少量空气的气囊也会不断膨胀。据此，他设想，空气是一种弹性流体，空气微粒类似于一个个可以被外力压缩的小弹簧，当对此施加压力时它会压缩，压力解除时它会膨胀。也正因为如此，当做相应的如图9.3的实验时，空气弹性流体就会因为弹性而施加压力给水银槽中的水银，从而支撑水银柱中的水银达到通常状态下的29英寸的高度。

波义耳在1660年发表了《关于空气弹性的物理-机械新实验》(*New Experiments Physico-Mechanical，Touching the Spring of the Air*)，比较系统地叙述了相关实验以及空气弹性解释。其中空气弹性解释受到莱纳斯祖父(Father Linus)的指责，认为波义耳的“空气既可以膨胀，也可以被压缩”是荒谬的。为了回答这一指责，波义耳于1662年做了如下实验：首先在一个17英尺长、一端封口、一端开口的J形管内注入水银至两边液面高度一致；然后再次注入水银，使得封闭端内空气的体积(高度)减为原来的一半，测量所注入的水银的体积(高度或重量)；接着，进一步注入水银，使得封闭端内空气的体积(高度)减为原来的1/3，测量所注入的水银的体积(高度或重量)液面高度；最后所得到的结论是：在温度保持不变的情况下，一定量的气体体积与其压强成反比。这就是波义耳定律。根据此实验及其结果，波义耳进一步指出，空气是由微粒组成的，微粒之间有空隙，由此才能被压缩；当压强增大时，这些微粒之间的间隙变小，微粒靠得更近，所施加的压力也更大。

(二)机械自然观在化学上的应用

在化学上，17世纪初，帕拉塞尔苏斯医药化学学派和炼金术对化学的影响很大。化学主要以这两种形式存在。由于这两者都是以主动本原的自然观为基础的，有的只是本原(元素)之间的转换，因此，这是与机械自然观相矛盾的。如对于17世纪的不断衰落的炼金术与医药化学学派，他们都赞同金属是在地球上生长的有机物质，是由化学元素组成的混合物，因此，对金属进行实验操作，就可以促使其生长。

到了17世纪中叶，上述状况并没有多大变化。“在17世纪中叶，化学传统的每一主要方面所表达的自然观都与在物理科学的其他地方渐渐占主导地位的自然观完全相反。”[[86]](#footnote-86)造成这种情况的原因应该是化学领域帕拉塞尔苏斯医药化学学派以及炼金术的影响，它使得17世纪中叶的化学积重难返。也许正因为如此，对于笛卡尔，他就用了数章的篇幅讨论磁和光等话题，但却用寥寥数语打发化学问题。

当然，上述状况不可能长久持续下去。因为一旦机械论哲学被提出，那么由微粒及其相应的性质来解释化学变化的现象，就成为顺理成章的事情。这也导致17世纪下半叶机械论哲学在化学领域中大量使用，结果是：“17世纪下半叶化学的历史就是化学转变为机械论哲学的历史。也许更贴切的说法是化学屈从于机械论哲学，因为机械论在化学文献中所起的越来越大的作用似乎更多是因为将各种机制外在地强加于现象，而不是源于现象本身。”[[87]](#footnote-87)

法国化学家莱默里(Nicolas Lemery，1645—1715)于1675年编写出版了一本17世纪最流行的化学教科书《化学教程》(*Cours de Chymie*)。在该书中，莱默里写道，当海盐的精(盐酸)与强水(硝酸)所溶解的金属形成的物质(硝酸盐)相遇时，海盐的精的体积较大的尖锐微粒推撞并摇动强水微粒，直到被强水微粒保持在溶液中的金属被析出来。在莱默里那里，酸是由尖的微粒构成的，他经常称之为“酸尖”(acid points)。酸尖很轻，因此能够托住它们所刺穿的金属微粒，与之一道运动变化，这点正如木头能够带动附着其上的金属浮动。不仅如此，一旦酸中的每个酸尖都与金属微粒结合，这种酸就再没有多余的酸尖与金属微粒结合了，如此，也就解释了一定量的酸只能溶解一定量的金属。对于酸碱中和反应，莱默里把酸想象成是尖锐的粒子，而把碱想象成多孔的粒子，各种“酸尖”能插入其内，以此就很好地解释了中和反应。

从上述所举的例子可以看出，莱默里的化学是机械论化学。“莱默里的机械论化学最终关注的不是提出某种化学理论，而是对观察到的性质做出解释。”[[88]](#footnote-88)这种解释，就是通过想象中的相关微粒的形状来解释相关微粒的机械的相互作用。也正因为如此，“在他的处理中，化学并非致力于对持久存在的物质进行分离和组合，而是致力于将可延展的微粒塑造成几种一般形状”。[[89]](#footnote-89)之后，再进一步根据微粒的形状、大小和运动来区分它们并解释它们的作用和变化。

不过，莱默里的机械论并不是彻底的。他认为每种酸的酸尖尖锐程度有所不同，更尖的微粒是在地球中经过较长时间的发酵形成的，因此酸尖更尖。当通过腐蚀性的升汞(HgCl2)制备甘汞(*mercuriuss dulcis*，Hg2Cl2)时，必须将材料升华3次以使酸尖变钝，因为如果只升华2次，则酸尖仍然太过尖锐，其导泻能力仍然太强；如果升华5次，其导泻能力将被完全摧毁，它将变得纯粹发汗。

如果说化学的机械论解释在莱默里那里显得粗糙，那么在波义耳那里则显得精致得多。关于此，在“第十章”之“二、波义耳：将机械论的微粒说与实验相结合”部分，会有详细叙述。至于牛顿的化学及其与炼金术之间的关系，将在“第十章”之“三、牛顿：将运动微粒说、实验与数学相结合”部分详细叙述。比较波义耳与牛顿之间在化学上的不同：“波义耳认为化学是一种工具，可以证明自然中的所有现象都源自运动中的物质微粒，而牛顿则认为化学现象证明了物质微粒彼此吸引和排斥。”[[90]](#footnote-90)

纵观17世纪下半叶机械论哲学指导下的化学的发展，并不尽如人意。主导化学思想的机械论哲学仅仅提供了一种对反应进行描述的语言，化学理论没有取得重大进展。但是，“机械论化学的确取得了一项成就。它引导化学进入了自然科学的界限。在17世纪初，化学通常并不被视为自然科学的一部分；它顶多是一种服务于医学的技艺，在最坏的情况下则是神秘的故弄玄虚。而到了17世纪末，化学家在欧洲的科学协会中占据着崇高的地位。毫无疑问，机械论化学在这种变化中扮演着重要角色。它以科学界可接受的方式来表述化学，从而使化学获得了前所未有的尊敬”[[91]](#footnote-91)。

(三)机械自然观在生物学上的应用

在生物学上，伴随着生命知识的扩张，对生命本质的再思考也发生了，这种思考更多地与机械论自然哲学相联系。

哈维1628年在他的《心血运动论》一书中，已经把血液循环概念用于解剖学中已被确认的各种事实，并坚持认为循环的机械论含义应该得到认识。在对血液循环进行证明时，他把注意力放在了血管系统的机械必然性上。现在人们普遍认为，哈维的著作是对人体血液循环过程的第一个恰当说明，也是通向近代生理学之路的起点。

但是，需要澄清的是，哈维对于世界的看法本质上不是机械论的。他相信，心脏/血液系统是一个独立的系统，它是身体的活性原则(living principle)。他认为，心脏和血液是灵魂之所在(seat)，具有精神特性，能够驱动心脏持续不断地跳动，如此，也就不需要应用其他因素来解释它了。

笛卡尔不同意这种观点，他认为心脏的持续跳动应该只涉及物质和运动这类机械的东西，与灵魂之类的东西无关。为了做到这一点，他部分回归盖伦学说。根据盖伦的说法，心脏扩张(称为舒张，diastole)是主动搏动的(active stroke)。哈维通过完美的实验证明心脏收缩(contraction，systole)才是主动搏动的(扩张仅仅发生在心脏放松的时候)。而笛卡尔不同意这一点。他认为，当用来冷却肺的血液从肺静脉滴入左心室时，由于左心室内部非常热，所以冷却的血液迅速(几乎是爆发地)膨胀，导致心脏扩张；扩张的血液涌向主动脉(aorta or the main artery)，然后进入动脉系统；此时心脏坍陷(看起来像是收缩)，又有几滴血液进入，爆发性的扩张再次发生，将更多的血液输送到主动脉。这个模型有点像内燃机，但不是火花点燃燃料(血液)，而是一团火在左心室燃烧。笛卡尔曾说过，这团火在没有光的情况下燃烧，但在其他方面，它与我们所熟悉的火是一样的，它可以被称为“笛卡尔的火”。

笛卡尔坚持认为，他对心脏的描述一定遵循了心脏各部分的编排(arrangement)，就像钟表的运动必然遵循齿轮和轮子的编排一样。[[92]](#footnote-92)

作为机械世界观的代表人物，笛卡尔同样具备机械论的生物观。笛卡尔在《论人》(*Treatise on Man*)一书中进行了人体与机器类比的思想实验：“我假设(这些人的)身体只不过是一个由土制成的雕像或机器，上帝在塑造它的时候想让它尽可能地像我们……不仅在外部赋予它我们身体所有部分的颜色和形状，还在它内部放置了使它行走、进食、呼吸所需的所有部件，使其最终能够模仿我们的所有功能，这些功能可以被想象为来自物质，并完全取决于我们器官的安排。”[[93]](#footnote-93)笛卡尔在使用机械论思维解释了这些“人”的功能后，给出了他举出这个思想实验的目的：“我希望你们考虑一下我赋予这个机器的所有功能……我希望你能考虑到，这些功能单纯由机器器官安排而来，就像钟表或其他自动装置的运动由其配重和车轮的安排而来一样自然。那么，为了解释这些功能就没有必要设想这台机器有任何植物性的(vegetative)或敏感的灵魂或其他运动和生命的原则。”[[94]](#footnote-94)虽然没有明确表明，但笛卡尔凭借这个思想实验试图将有机体(包括人类)等同于机器，而不仅仅是在隐喻的意义上。

由于人类思维的独特性，笛卡尔提出了著名的“我思故我在”(Cogito，ergo sum)命题，使得他无法完全将人类还原为机器。为此，笛卡尔提出了心—物二元论的思想，认为心灵和物质完全不同，心灵不可分割而物质可无限分割。

笛卡尔关于生物的思想既是一元论也是二元论的——一元论体现在他认为除了人之外的有机体并没有特殊的灵魂或其他生命原则，消解了活物(living matter)与死物(dead matter)的区分，植物、动物和人体仅仅是复杂的机器；笛卡尔的二元论只针对人，虽然人体是由物质构成的机器，但人的心灵是特殊的存在，身体与心灵结合而成的整体的人并没有被笛卡尔还原为机器。

尽管笛卡尔对血液循环的解释有错误之处，而且他的生理学基本上可以说是披上了机械论哲学外衣的盖伦生理学，但是，到17世纪末，他的影响超过了哈维，规定着生物学研究的基调。一些生物学家就在“动物是自动机器”的观念指导下，创建了医学机械学，运用简单机械运动原理来分析各种人类和其他动物的各种运动，把生物运动还原为机械运动。如博雷利(Giovanni Alfonso Borelli，1608—1679)就在《论动物的运动》(*De motu animalium*，1680年)[[95]](#footnote-95)一书中，把人体作为机器来研究，分析了肌肉的力学和人体的骨骼构架，并且试图把肌肉的收缩解释为一种液压作用或组织的机械膨胀，见图9.4。[[96]](#footnote-96)这是作为机械论哲学的生理学的内涵。

不仅如此，机械论哲学的解释原则也被用于胚胎学研究中的“预成论”(又称“先成说”)和“渐成论”(又称“后成说”)的争论之中。“胚胎学的发现以及整个生物学领域的其他许多发现，其实是在机械论哲学主导科学思想时做出来的。无论它的范畴多么不适合生物学理解，它并不妨碍生物学知识的大

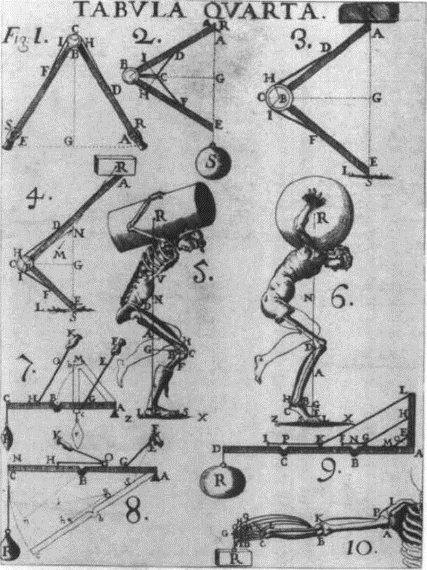


图9.4　作为机械论哲学的生理学

大扩展。”[[97]](#footnote-97)关于此，在“第十一章 近代科学革命的推进：范式的遵循、坚守与反抗”论及。

在人类生存的几百万年时间里，人类几乎都是凭借神话宗教自然观以及万物有灵论的自然观认识世界和改造世界，展开生产和生活实践的。我们把这种人类赋予人与自然之间的关系的状态，称作“自然的附魅”，它是在近代科学诞生之前人类认识自然和解释自然的基础。近代科学的诞生是以对这种自然观的革命为基础的，这是“自然的祛魅”，它是近代科学革命发生的前提。笛卡尔提出“机械自然观”，对自然进行了“祛魅”，由此自然成为了机械的存在，为人类物质性地认识它开辟了新的道路。17世纪及以后的科学，就是遵循并沿着这样的道路加速向前迈进并取得巨大成就的。

1. 对自然进行“祛魅”，事实上就是祛除附着在自然之上的“魅”——“自然主义泛灵论”等。不过，这里需要说明的是，近代科学革命对自然的“祛魅”主要“祛”的是“自然主义泛灵论”，用机械自然观取而代之——认为地球上的万事万物(除人之外)并非精神性的存在，而像一架机器。但是，对于宗教神学中的“上帝”观念，似乎祛除得很少。如在那一时期，无论是机械自然观的提出者笛卡尔，还是接受并赞同他的观点的其他科学家，都认为“上帝”存在。由此来看，近代科学革命之机械自然观主要与“自然主义泛灵论”相对立，而非拒斥和抛弃宗教神学之“上帝”存在以及创造世上万事万物之观念。这应该是当代西方许多科学家一方面从事科学，一方面信仰“上帝”的重要原因。 [↑](#footnote-ref-1)
2. Yates F A. Giordano Bruno and the Hermetic Tradition. London: Routledge and Kegan Paul, 2002: 17. [↑](#footnote-ref-2)
3. “诺斯替”，也译作“努斯底”，来源于希腊语γνοστικος，是[希腊哲学](https://baike.baidu.com/item/%E5%B8%8C%E8%85%8A%E5%93%B2%E5%AD%A6/8831966" \t "https://baike.baidu.com/item/%E8%AF%BA%E6%96%AF%E6%9B%BF%E4%B8%BB%E4%B9%89/_blank)晚期的一种思想，是一种隐秘的、关乎拯救的智慧，被称为“诺斯”，意思是“真知”。持有这种观点的人们主张神秘的宗教顿悟，宣称自己知道真正的创世故事、上帝的来历及救世之方，坚信物质是罪恶的。因此，一些诺斯替者是禁欲主义者，还有一些诺斯替者相信人通过自身的努力能够拯救自己。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 刘晓雪、刘兵：《布鲁诺再认识——耶兹的有关研究及其启示》，《自然科学史研究》，2005年第3期，第261页。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 刘晓雪、刘兵：《布鲁诺再认识——耶兹的有关研究及其启示》，《自然科学史研究》，2005年第3期，第263页。 [↑](#footnote-ref-5)
6. Yates F A. Giordano Bruno and the Hermetic Tradition. Chicago: University Of Chicago Press, 1964: 272. [↑](#footnote-ref-6)
7. “托特”(Thoth)是古埃及神话中的智慧之神，同时也是月亮、数学、医药之神，又译作“透特”或“图特”。“托特”是古埃及一位重要的神祇，其职能主要包括审判、记录、魔法、医疗等。现存有考古证据表明，埃及人对托特神的崇拜可能在前王朝时期就已经出现了。 [↑](#footnote-ref-7)
8. 这里之所以将“the pre-modern period”翻译成“前现代时期”而非“前近代时期”，与对“modern”的理解及其翻译有关。在西方学界，将世界史划分为“Ancient”、“Medieval”和“modern”三个阶段。对于中国学界，分别将“Ancient”“Medieval”译作“古代”和“中世纪”没有什么疑问，但对于“modern”的翻译则存在疑问，有人将此译作“近代”，也有人将此译作“现代”，还有人将此译作“近现代”。对于英文“modern”，究竟应该翻译成什么呢？根据西方社会的历史发展，经历文艺复兴之后，发生了三种革命，一是科学技术革命，二是社会政治革命，三是市场经济革命。这三种革命使得西方社会从封建制走向资本主义，也使得西方社会进入新的历史发展时期——工业文明时期，走向现代化。可以说，现在的种种成就和不足，都是发源于此，就此而言，与三四百年之前相比，现在的欧洲并没有本质不同，都是在“modernideas”指引下向前迈进的。考虑到这一点，“modernideas”如果翻译成“近代观念”显然不妥，而应该翻译成“现代观念”。相类似地，将“[modernization](http://www.baidu.com/link?url=-ZJEQ6W-TymyVo5uxhingLXWcTxw59N2DmOG18liEsyiMj7jpH2869cDyNBWA2qzxNo2jlYodg6ZO_kX0tMfPwVy9JxFk_c6nvkiaPV01yO" \t "_blank)”翻译成“近代化”也是不合适的，此时，应该翻译成“现代化”。不过，一旦涉及中国的历史，情况就完全不同，无论是从时间的角度还是从社会发展的意义角度，近代和现代区分明显。当然，英文的“modern”也不是不可以译作“近代”，但是，这要根据上下文的语境，以能够区分出其“近代”含义是就时间而言的为好。 [↑](#footnote-ref-8)
9. 肖显静：《从机械论到整体论：科学发展和环境保护的必然要求》，《中国人民大学学报》，2007年第3期，第10页。 [↑](#footnote-ref-9)
10. 这里指的就是“自然主义泛灵论”或“赫尔墨斯主义传统”。——笔者注。 [↑](#footnote-ref-10)
11. 宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第18-19页。 [↑](#footnote-ref-11)
12. 在此，之所以说“开普勒和伽利略对世界的看法已经涉及机械自然观的最深层次的内涵”，是就以下意义而言的：对于开普勒，虽然他没有明确宣称其是机械论者，而且他也没有明确宣称天球是一个由非灵魂推动的存在，但是，其借鉴吉尔伯特磁灵魂的作用而产生天球的类似于“力”(无论这种力是“精神之力”还是“机械之力”)的想法，最起码是有祛除“精神之力”而走向“机械之力”之倾向；对于伽利略，也有类似情况，他肯定不是一个机械论者，似乎也没有完全否定亚里士多德的自然的“内在目的论”，只是他在物理学的研究中悬置了这一论题——对物体为什么这样运动，即物体运动的原因“存而不论”，而将研究集中于事物“第一性质”的“量”的方面，而且为了使得这一“量”的方面符合理想化的数学，而对研究对象和研究环境进行了理想化处理或理想化实验，使之尽量达到理想化状态，从而最终以规律性的形式表现，并使我们能够发现这一规律并能够用一定的数学定律(科学定律)对此加以表示，如此，在伽利略那里，他事实上已经将视野集中于事物的机械方面并对此加以研究。开普勒和伽利略的上述科学思想展现表明，科学上的自然观的转变，即从万物有灵论的自然观转变为机械自然观，既不是突然发生的，也不是一蹴而就的，而是一个过程，一个逐渐发生的过程，其中具有纯粹的“万物有灵论”和纯粹的“机械自然观”之混合状态。这种呈现混合状态的自然观是一种“混杂自然观”。 [↑](#footnote-ref-12)
13. 机械论(mechanism)，英文词根为“机械学”(mechanics)。在古代，这是一门专门研究人造机械的内部运作规律的学科。然而，在现代物理学的语境中，mechanics更多地指称“力学”，此时研究范围不仅仅限于人造机械，还扩展到全部自然物体之间的相互作用。从历史上看，作为一门科学的mechanics，之所以从“机械学”转向“力学”，与机械论哲学或机械自然观紧密相关。 [↑](#footnote-ref-13)
14. 需要说明的是，笛卡尔的机械自然观思想受到了他的老朋友伊萨克·贝克曼的影响。贝克曼来自齐兰(Zeeland)，是一位神学家、管道工、蜡烛制造商和高中校长。他从未系统地表述过对自然的看法，但是，根据他在莱顿做学生以来的日记记录，他对笛卡尔产生了相当的影响。他们于1618 年在布雷达(Breda)会面了。具体内容参见[荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第98-102页。 [↑](#footnote-ref-14)
15. [荷]E. J. 戴克斯特豪斯：《世界图景的机械化》，张卜天译，北京：商务印书馆，2018年，第576-577页。 [↑](#footnote-ref-15)
16. 本章有关笛卡尔研究所引用的笛卡尔的文献，除特别注明外，皆转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年。按照研究的惯例，本部分所转引的笛卡尔文献只注明文献名称与章节、页码。其中“AT”表示的是国际上通用的载有拉丁文与古法语的权威版本“Descartes(1996)”，Principes 为《哲学原理》，Méditations为《第一哲学沉思录》，Le Monde为《论世界》，等等。 [↑](#footnote-ref-16)
17. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第11页。 [↑](#footnote-ref-17)
18. Garber D. Descartes, Mechanics, and the Mechanical Philosophy. Midwest Studies in Philosophy XXVI, 2002: 191. [↑](#footnote-ref-18)
19. 需要说明的是，尽管笛卡尔认为人是由肉体和灵魂构成的，但是，他也认为，没有心灵参与的人的身体仅仅是机器。正是在这样的思想指导下，他甚至将机械论的因果解释推广至身心统一体的人的活动(心物互动)上。一方面，他将人的知觉活动，包括感觉和激情，机械地解释为从物体到心灵的环环相扣的因果作用链条；另一方面，他也同样地将人的意愿活动机械地解释为正好相反的从心灵到物体的环环相扣的因果作用链条。 [↑](#footnote-ref-19)
20. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第16页。 [↑](#footnote-ref-20)
21. 转引自施璇：《笛卡尔的机械论解释与目的论解释》，《世界哲学》，2014年第6期，第83页。 [↑](#footnote-ref-21)
22. [法]勒内·笛卡尔：《第一哲学沉思集》，庞景仁译，北京：商务印书馆，1986年，第58页。 [↑](#footnote-ref-22)
23. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第203页。 [↑](#footnote-ref-23)
24. Chene D D. Mechanisms of life in the seventeenth century: Borelli, Perrault, Régis. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 2005, 36(2): 245-260. [↑](#footnote-ref-24)
25. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第10-11页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第11页。 [↑](#footnote-ref-26)
27. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第10页。 [↑](#footnote-ref-27)
28. [英]史蒂文·夏平：《科学革命：批判性的综合》，徐国强、袁江洋、孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2004年，第46页。 [↑](#footnote-ref-28)
29. [英]史蒂文·夏平：《科学革命：批判性的综合》，徐国强、袁江洋、孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2004年，第46-47页。 [↑](#footnote-ref-29)
30. DESCARTES R. De homine figuris, et Latinitate donatus a Florentio Schuyl[M]. ex officina Hackiana, 1664.p 56. [↑](#footnote-ref-30)
31. [美]玛格丽特·J. 奥斯勒：《重构世界：从中世纪到近代早期欧洲的自然、上帝和人类认识》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第99-100页。 [↑](#footnote-ref-31)
32. 具体内容参见[美]玛格丽特·J. 奥斯勒：《重构世界：从中世纪到近代早期欧洲的自然、上帝和人类认识》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第116-133页。 [↑](#footnote-ref-32)
33. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第182页。 [↑](#footnote-ref-33)
34. 超距作用：相隔一定距离的两个物体之间存在直接的、瞬时的相互作用，不需要任何媒质传递，也不需要任何传递时间。 [↑](#footnote-ref-34)
35. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第182页。 [↑](#footnote-ref-35)
36. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第197页。 [↑](#footnote-ref-36)
37. 宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第197页。 [↑](#footnote-ref-37)
38. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第199页。 [↑](#footnote-ref-38)
39. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第214页。 [↑](#footnote-ref-39)
40. [美]洛伊斯·N. 玛格纳：《生命科学史》，李难、崔极谦、王水平译，天津：百花文艺出版社，2001年，第412页。 [↑](#footnote-ref-40)
41. Garber D. Descartes, Mechanics, and the Mechanical Philosophy. Midwest Studies in Philosophy XXVI, 2002: 188. [↑](#footnote-ref-41)
42. 宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第10页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. 宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第10页。 [↑](#footnote-ref-43)
44. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第14-15页。 [↑](#footnote-ref-44)
45. 转引自宋斌：《论笛卡尔的机械论哲学——从形而上学与物理学的角度看》，北京：中国社会科学出版社，2012年，第14页。 [↑](#footnote-ref-45)
46. 引自Gaukroger S. Descartes’ System of Natural Philosophy. Cambridge: University Press, 2002. [↑](#footnote-ref-46)
47. [法]笛卡尔：《谈谈方法》，王太庆译，北京：商务印书馆，2000年，第16页。 [↑](#footnote-ref-47)
48. 苗力田、李毓章：《西方哲学史新编》，北京：人民出版社，1990年，第300页。 [↑](#footnote-ref-48)
49. 转自北京大学哲学系外哲史教研室编译：《西方哲学原著选读》(上卷)，北京：商务印书馆，1981年，第372-373页。 [↑](#footnote-ref-49)
50. 第一原理(first principle)，是[哲学](https://baike.baidu.com/item/%E5%93%B2%E5%AD%A6" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)与逻辑名词，是一个最基本的[命题](https://baike.baidu.com/item/%E5%91%BD%E9%A2%98" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)或[假设](https://baike.baidu.com/item/%E5%81%87%E8%AE%BE" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)，不能被省略或删除，也不能被违反。第一原理相当于[数学](https://baike.baidu.com/item/%E6%95%B0%E5%AD%A6" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)中的[公理](https://baike.baidu.com/item/%E5%85%AC%E7%90%86" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)。最早由[亚里士多德](https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%9A%E9%87%8C%E6%96%AF%E5%A4%9A%E5%BE%B7" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E7%90%86/_blank)提出。 [↑](#footnote-ref-50)
51. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》(第二版)，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第100页。 [↑](#footnote-ref-51)
52. [美]加勒特·汤姆森：《笛卡尔》，王军译，北京：中华书局，2002年，第10页。 [↑](#footnote-ref-52)
53. [法]笛卡尔：《谈谈方法》，王太庆译，北京：商务印书馆，2000年，第28页。 [↑](#footnote-ref-53)
54. “是者”(l`ētre)，这里指的是“起作用者”，也就是指“神”。 [↑](#footnote-ref-54)
55. [法]笛卡尔：《谈谈方法》，王太庆译，北京：商务印书馆，2000年，第29页。 [↑](#footnote-ref-55)
56. 实际上，问题到这里并没有结束。人类究竟有没有理智直观呢？理智直观究竟能否把握第一原理呢？即使能把握，所把握到的第一原理的可靠性怎样呢？如果不能保证，则以第一原理为逻辑前提和基础而进行的演绎方法的运用所获得的知识的真理性还能够保证吗？实际上，这是不能保证的。关于这点应该明确。 [↑](#footnote-ref-56)
57. 笛卡尔在这里的论证并非无懈可击的。既然“不完美的人类头脑导不出或造不出关于一个完美的存在的观念”，那么，“因果性的原则”作为一个人类思维的规律(存在于不完美的人类头脑中)，怎么能够完成这一论证(导出关于一个完美的存在的观念)？而且，“‘因果性的原则除在可感世界中外，其应用都是没有意义、没有标准的。’……我们不能够运用心灵的先天范畴来尝试描述超越感性经验的实在”。(参见[美]撒穆尔·伊诺克·斯通普夫、[美]詹姆斯·菲泽：《西方哲学史：从苏格拉底到萨特及其后》，匡宏、邓晓芒、丁三东等译，北京：世界图书出版公司北京公司，2009年，第279页。) [↑](#footnote-ref-57)
58. [法]笛卡尔：《探求真理的指导原则》，管震湖译，北京：商务印书馆，1991年，第18页。 [↑](#footnote-ref-58)
59. [美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，北京：商务印书馆，2013年，第136页。 [↑](#footnote-ref-59)
60. 转引自[美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，北京：商务印书馆，2013年，第136页。 [↑](#footnote-ref-60)
61. 转引自[美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，北京：商务印书馆，2013年，第137页。 [↑](#footnote-ref-61)
62. [美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，北京：商务印书馆，2013年，第138页。 [↑](#footnote-ref-62)
63. “力学的英文是mechanics，希腊文是mechanica，原初的意思是机械学，与‘力’毫不相干。到了伽利略，才把mechanics由单纯的机械学转化为运动学，将mechanics和物理学这两个原本互不相干的学科结合起来，创立了新的物理学，但是，伽利略的力学仍然是无‘力’之学。到了牛顿，力才被引入新物理学，使‘力学’变得名副其实。”“在伽利略和笛卡尔的影响下，17世纪的科学先驱们慢慢把光学、天文学、力学这些应用数学或混合数学学科看成是物理学的分支，甚至把作为运动科学的力学看成物理学的基础学科。力学论(机械论)自然观成为占主导地位的自然观。”(吴国盛：《什么是科学》，广州：广东人民出版社，2016年，第178-182页。) [↑](#footnote-ref-63)
64. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 137. [↑](#footnote-ref-64)
65. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第361页。 [↑](#footnote-ref-65)
66. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第374页。 [↑](#footnote-ref-66)
67. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第374-375页。 [↑](#footnote-ref-67)
68. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第376页。 [↑](#footnote-ref-68)
69. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第379页图20.3。 [↑](#footnote-ref-69)
70. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第379页。 [↑](#footnote-ref-70)
71. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第384页。 [↑](#footnote-ref-71)
72. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第385-386页。 [↑](#footnote-ref-72)
73. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第384页。 [↑](#footnote-ref-73)
74. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第385-386页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. “恶魔巫术”(demonic magic)，指的是出于个人邪恶的目的而直接与魔鬼联系并结盟，祸害人类。“恶魔巫术是新柏拉图主义者和亚里士多德主义者彼此给对方贴的狡诈而危险的标签。”(参见[澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第383页。) [↑](#footnote-ref-75)
76. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第391页。 [↑](#footnote-ref-76)
77. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第390页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第372页。 [↑](#footnote-ref-78)
79. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第371页。 [↑](#footnote-ref-79)
80. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第370页。 [↑](#footnote-ref-80)
81. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第365页。 [↑](#footnote-ref-81)
82. [法]亚历山大·柯瓦雷：《牛顿研究》，张卜天译，北京：商务印书馆，2016年，第74页。 [↑](#footnote-ref-82)
83. 肖显静：《从机械论到整体论：科学发展和环境保护的必然要求》，《中国人民大学学报》，2007年第3期，第11页。 [↑](#footnote-ref-83)
84. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第51页。 [↑](#footnote-ref-84)
85. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第55页图3.1。 [↑](#footnote-ref-85)
86. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第80页。 [↑](#footnote-ref-86)
87. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第80页。 [↑](#footnote-ref-87)
88. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第83页。 [↑](#footnote-ref-88)
89. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第85页。 [↑](#footnote-ref-89)
90. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第94页。 [↑](#footnote-ref-90)
91. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第95-96页。 [↑](#footnote-ref-91)
92. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 138. [↑](#footnote-ref-92)
93. Descartes R. Treatise on man//Bedau M A, Cleland C E. The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science. New York: Cambridge University Press, 2018:15. [↑](#footnote-ref-93)
94. Descartes R. Treatise on man//Bedau M A, Cleland C E. The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science. New York: Cambridge University Press, 2018:20. [↑](#footnote-ref-94)
95. 《论动物的运动》这本书是在博雷利去世之后出版的。博雷利专心为克里斯蒂娜女王工作，但这本书还没出版，他就死于肺炎了。在1679年底，克里斯蒂娜女王同意资助出版这本书，这使得该书第一卷于1680年出版，第二卷于1681年底出版。 [↑](#footnote-ref-95)
96. 转引自[美]托马斯·L. 汉金斯：《科学与启蒙运动》，任定成、张爱珍译，上海：复旦大学出版社，2000年，第119页，图5.1。 [↑](#footnote-ref-96)
97. [美]理查德·韦斯特福尔：《近代科学的建构：机械论与力学》，张卜天译，北京：商务印书馆，2020年，第123页。 [↑](#footnote-ref-97)