第二章　古希腊早期自然哲学

——由世界的本原认识自然

到了公元前6世纪，在神话宗教自然观和“万物有灵论”盛行的同时，一种人类认识的新形态——哲学形态——古希腊哲学诞生了。在古希腊，科学仍然处于萌芽状态，自然哲学和自然科学没有分离，哲学家们对自然的认识是以直观、思辨和理论的方式进行的：他们开始探寻世界的组成成分、形式结构及其运行方式，并深入思考、推论和证明自然的法则，形成对自然的独特看法。[[1]](#footnote-1)这些看法蕴涵着深刻的科学思想成分，在文艺复兴时期被继承、倡导、反思和扬弃，成为近代科学革命的先导。

一、爱奥利亚学派：试图用自然的因素解释自然

(一)泰勒斯：世界的本原是“水”

一般认为，古希腊第一个哲学流派是米利都学派，其创始人是泰勒斯(约公元前624—前547或前546)。他提出了西方文化历史上第一个真正具有哲学意义的命题——“万物的本原是‘水’”，即“万事万物由水而来，而后又复归于水”。“水”是什么呢？又是如何形成万物的呢？事实上，在泰勒斯那里，所谓的“水”，既不是我们现代自然科学所理解的“水”，也不是指万物的基本物质成分是“水”，而是指万物由“水”生成，从而成为万物的开端和起源；“水”是动态的、有生命的、渗透在宇宙万物之中，使宇宙成为一个有机体。他说道：“世界的心灵是神，一切都是活的同时充满了精灵；而正是通过元素般的潮湿贯穿着一种能够推动它的神圣的力量。”[[2]](#footnote-2)由此，通过“水”，世界上的万事万物得以生成，宇宙作为生长、生成、生活的生命整体的本质得以揭示，体现着“生机论”(vitalism)[[3]](#footnote-3)的思想。

“万物是活的”，这便是早期希腊哲学家们看待宇宙的基本态度。万物(包括宇宙和其中的一切事物)都有其本原，生成出来的万事万物皆为有机体，有其生命，皆在生长，皆有灵魂，同时渗透着神性。

既然说“‘水’是万物的本原”，而“水”来自地球并且存在于地球之上，那么地球是什么呢？泰勒斯认为：“大地浮于水上。”对此，学界有三种理解：一是亚里士多德式的理解，水作为一种载体承载着大地。二是创世神话式的理解，即大地从水中产生。[[4]](#footnote-4)三是柯林武德给出的：“地球不仅仅是诸多有机体中的一个有机体，而且是在其中孕育着有机体诞生的有机体。相对于那些被孕育的有机体来说，地球是创造性的，从而是神。它再次预示了以后的一个理论，即地球是被赋予了创造性的‘第二因’，这种创造性虽然范围有限、性质特殊，但在其有限和特殊的方式之中依然是神性的。”[[5]](#footnote-5)“正像水不是一种抽象的物质元素一样，在早期希腊宇宙生成论中，大地也不是一个抽象的物体，而是人类生息繁衍的居所。”[[6]](#footnote-6)如此，“水”就成为万物的本原，大地成为繁衍不息之地，也成为有机体。这也说明，在古希腊哲学家那里，虽然大多把世界的本原归结为物质性的存在，但是，他们不像今天的人们更多是在无神论的意义上谈论它，而是在神话宗教的意义上理解它。

不过，这丝毫不影响泰勒斯“万物的本原是‘水’”的意义。第一，泰勒斯一定程度上消除了自然神秘主义色彩，把自然看作是一个研究的对象，然后用自然的因素来解释自然。第二，“它是人类第一次用理性的方式寻求万物的统一本质，也就是要透过气象万千的现象中寻找共同的普遍因素，再从这一普遍本质来说明更多的现象，包括过去经验中没有接触过的现象。这是科学研究的基本思路，体现了理性思维的特点。”[[7]](#footnote-7)

至于泰勒斯为什么能够提出“水是世界的本原”这一观点，一种说法是泰勒斯受到巴比伦人和埃及人关于创世传说的影响。“巴比伦人和埃及人曾经把水，后来又把空气和土，看成是世界的主要组成要素。”[[8]](#footnote-8)另外一种说法是他根据对自然的观察，提出了这一命题。亚里士多德就指出：“他之所以做出这一论断，可能是因为看到了万物都靠水分来滋润……由于这一点，再加上万物的种子本性都是潮湿的，所以水就成了潮湿的东西的自然本原。”[[9]](#footnote-9)

在泰勒斯之后，阿那克西曼德(约公元前610—前545)和阿那克西美尼(约公元前570—前526)发展了他的思想。

(二)阿那克西曼德：世界的本原是“无定”

阿那克西曼德是泰勒斯的学生和朋友，据说“arche”“ἀρχή”(本原、始基)这个概念是由他最先使用的。[[10]](#footnote-10)他认为，世界的本原不是具体的实体，而是某种没有任何规定性的东西，他称为indefinite(无定)。[[11]](#footnote-11)“无定”有两种英文表达：apeiron(无形的初始态)或boundless(无界)，考虑到“无定”的希腊文表达ἄπειρον及其语境，在这里采用前者似乎更好。万物的本原是“无形的初始态”，它们从哪里来，最后也遵循必然之理回到哪里；一切事物，即使互相对立之物都来自“不定者”，最终也回到“不定者”。“无形的初始态”是一个“超越者”(beyond)，伸展在它所包围的宇宙界限之外，整个宇宙就是由它生成的。“无定”，它不像柏拉图和毕达哥拉斯学派将此理解为一个无形的、非物质性的要素。“无定”的本质完全包含在无穷性中。对于一个“无定”的东西，“无定”不是主语而是谓语，如此，它指称的不是无穷性，而是一个对象，“无定”的性质属于它。

这就是说，世界是不断变化、发展、生成的，这是世界的本质，借此世界才成为世界。由此，阿那克西曼德给出了宇宙生成的一般原则，这是与泰勒斯不同的。问题是，这样的变化、发展、生成有规律吗？阿那克西曼德认为：“对于诸存在物生成出自于其中的，也就有毁灭归于其中，按照必然性；因为，它们向彼此交付不正义的赔付和补偿，按照时间的安排。”[[12]](#footnote-12)据此，就阿那克西曼德来说，世界的变化是有规律的，具有必然性。

进一步的问题是，这样的规律是什么呢？应该是世界上的万事万物都存在着对立面，它们在时间的秩序上向着对立面转化，从而在生成和毁灭的转化中达成事物相互之间的交换与补偿。他指出：“出于永恒的热与冷的创生者在这个世界生成时被分离开来，并且一个出于它的火球包裹着环绕大地的空气被生成，就像树皮包裹着树一样；当它被破裂开来并被关闭进一些圈环中时，太阳、月亮和星辰便造成了。”[[13]](#footnote-13)这就是说，“无形的初始者”是演进的，宇宙生成之初，一个冷热一体的存在从永恒的“无形的初始者”中分离出来，接着又从其中产生出一个火球，包裹着围绕大地的空气，就像树皮包裹着树一样……如此，宇宙像活着的东西一样由“种子”生长而成。“无形的初始者”是一种原始混沌体，包含冷热、干湿两种对立物，并且由于对立物的作用，从“无限”的原始混沌中分离出万事万物。由此，它就能够生出二重性和我们的世界，说明着泰勒斯无法说明的“冷”和“热”。“这并不是说阿那克西曼德的无限是抽象的无限；它是一个具体的无限实体，但是在他的思想中抽象的倾向已经很明显。”[[14]](#footnote-14)

这仍然是一种我们称为“宇宙生成论”(cosmogony)的理论。在该理论中，“这个世界的natura naturata[被自然创造的自然](预示了很久以后的一个区别)在它的范围里和其生命的持续方面是有限的，但它的natura naturans[创造自然的自然]是无限者及其循环运动的创造本性，并因此是永恒和无限的”[[15]](#footnote-15)。“宇宙及其重要特征，包括地球上的生命，被设想为是两种基本而对立的自然力量间进化着的相互作用的产物。”[[16]](#footnote-16)由此可见，他比泰勒斯前进了一步，给出了宇宙演化的基本原则以及内在机制——世界是不断生成变化的，这种生成变化是有规律的，这种规律就是对立面的相互转化。这就为解释世界的生成以及世界上的各种现象提供了一种普遍的解释模式，也能够解决泰勒斯理论所遇到的困难——若是将“水”作为世界的本原，那么，它的对立物“火”如何产生呢？

(三)阿那克西美尼：世界的本原是“气”

作为阿那克西曼德的学生，阿那克西美尼将世界的本原归结为“无规定的气”。气的形状是这样：当它处于最平稳的状态时，不为视力所见。但加热、变冷、潮湿及运动时就呈现出来。它通过浓聚和稀散表现出区别：当它发散而稀疏时，便生成了火。再者，风是浓聚起来的气；通过凝结，气就变成云；再凝的整体度再高一些，便成为水；更高些则成为大地；当气浓聚到最密集程度时即成石头。这样一来，对立，即热和冷是生成的最有力的因素。[[17]](#footnote-17)一句话，“气”由于热而“稀释”成“火”，由于冷而“凝聚”成“水”和“土”。如此，通过假定宇宙中有两种相互冲突的力量——“稀释”和“凝聚”，以不同的方式把气“凝聚”成液体和固体，也将气“稀释”为火。由此，他解释了世界上的万事万物的生成，并且“把一种解释事物从什么而来的理论与一种解释事物如何从其而来的明确说法——即通过稀释(rarefaction)与凝聚(condensation)的过程——结合了起来”[[18]](#footnote-18)。这与阿那克西曼德理论的高度抽象性有所不同，涉及的是在自然现象中仍能观察到的起作用的过程，其解释更加明确。这不得不说是一个进步。

不仅如此，阿那克西美尼认为，在“气”“稀释”和“凝聚”的过程中，“气”本身，即“气”之为“气”的规定性是不变的，所改变的只是“气”的聚散程度或是密度。照此，世界上的万事万物享有的本质就是一样的——不变的规定性的“气”，不同的只是“气”的聚散或密度，即“气”的量，就是这一量的不同或者差异，形成了气象万千的世界。

如果由“气”及其“稀释”和“凝聚”来解释世界上的万事万物，那么神在哪里呢？或者相信神不存在，走向无神论；或者承认神的存在，将神之产生归于“气”。奥古斯丁(Saint Aurelius Augustinus)就说：“阿那克西美尼将事物的所有原因都归于无限的气，并且不否认有诸神，或者在沉默中忽略他们；但他不相信气是由他们所造，而是相信他们从气中产生。”[[19]](#footnote-19)

(四)米利都学派：“自然的发现”

通过上面的论述可以看出，米利都学派是基于一定的自然观察和思考，而不是基于纯粹的猜测，提出自然哲学的。尽管他们所持有的是一种“生机论”的自然观，尽管他们还远远不是无神论者，很多思想还带有浓厚的神话色彩，但是，他们对自然的解释已经与通过神话对自然的解释有所不同，他们提出了“自然主义”[[20]](#footnote-20)的解释方式。“他们摒弃了超自然的原因，认识到自然主义的解释可以并且应该被用于更大范围的现象；而且他们朝着理解变化这一问题迈出了尝试性的最初一步。”[[21]](#footnote-21)他们虽然没有否认“超自然”的存在，但是已经懂得区分“自然”和“超自然”，并且试图用自然因素来解释自然现象。

这就是劳埃德所谓的“自然的发现”[[22]](#footnote-22)，即认识到自然现象不一定是受到超自然界的带有神话色彩的、偶然的、任意的、胡乱的影响产生，而是有规则的、受到一定的因果关系支配。如米利都学派的泰勒斯设想，大地是由水托着的，水的波动摇晃会导致大地的摇晃，从而产生地震；阿那克西曼德认为，闪电是由云块分裂产生的，雷霆是由风的撞击引起的；等等。

上述解释看似天真，但是意义重大。它提供了一种不同于“通过超自然物如神、鬼、魂来解释自然现象”的路径，即通过自然物来解释自然物及其现象。而且，过去对地震等现象的描述主要是就个别的具体情况来说的，而米利都学派指向的是地震这一类现象，探讨的是普遍的、本质的规律，一定意义上体现了科学解释的普遍性特征。他们的思想特质代表了科学解释的起源，也引发了人们对变化和持存[[23]](#footnote-23)的思考。

(五)赫拉克利特：作为宇宙生成原则的“逻各斯”

需要说明的是，在邻近米利都城的爱菲斯城，有一位哲学家赫拉克利特(约公元前544—前483，盛年期约在公元前504—前501)。虽然根据他所居住的地点不能归于米利都学派，但是，根据他的思想，即在对宇宙生成论的总结性阐述上，还是与米利都学派一脉相承的。由此，人们统称他们为“爱奥尼亚学派”。

赫拉克利特提出了一个非常重要的概念——“逻各斯”(又称“逻格斯”)[[24]](#footnote-24)来表示宇宙生成的原则。他认为：“对那永恒存在着的逻各斯，人们总是不理解，无论是在听到之前还是最初听到之时。因为尽管万物根据这逻各斯生成，他们却像是对此全无经验的人一般，甚至在他们经验了我所讲过的那样一些话和事情时，而我已按照自然分辨了每一个东西并且指明了这是如何。至于其余的人，他们醒来后所做的觉不到，正像他们不觉到睡时所做的一般。”(残篇1)[[25]](#footnote-25)他还认为：“因此，必须跟随那共同的东西，而逻各斯就是共同的，但大多数人却活着像是有着自己的考虑。”(残篇2)[[26]](#footnote-26)“不听从我而听从这逻各斯，同意一切是一，这就是智慧。”(残篇50)[[27]](#footnote-27)“对那个他们最经常打交道的、驾驭着万物的逻各斯，他们是格格不入的，而那些他们每天碰到的东西，在他们看来是生疏的。”(残篇72)[[28]](#footnote-28)如此，在赫拉克利特看来，逻各斯就是万物生成和转化的原则，是人类所必须遵守的共同的原则、统一的原则，支配着万事万物。这非常类似于中国古代的“万物之道”。

这样说免不了抽象。事实上，赫拉克利特是在事物生成变化的方面，以及在事物生成变化的过程中来阐述逻各斯的。他认为，万物的本原是“火”，火既是起源、始基，也是过程，是万物生灭的归宿。“有序化的世界，对所有人都是同一个，不由神或人造成，但它过去一直是、现在是、将来也是一团持续燃烧的活火，按比例燃烧，按比例熄灭”(残篇30)。[[29]](#footnote-29)这告诉我们，逻各斯是过程，火是过程中的一部分。重要的不是火，是内含逻各斯的火，火的无穷无尽的燃烧、熄灭与变化就是这逻各斯。这是希腊人“自然”观念的原型和要旨，是一种“生机论”的世界观。世界不是绝对的有，也不是绝对的流变[[30]](#footnote-30)；它流变但保持比例不变，它持续但会熄灭；世上万物都是按照对立的斗争和必然性而生成，体现了变化中的统一性——“这是一团‘永恒的活火’，在其‘点燃’的形式(我们称之为‘火’或‘火焰’)与它的另外两种形式——水(液化的火)和土(固化的火)——之间连续转变。根据赫拉克利特的说法，这三种形式之间的动态平衡保证了一个永恒的、稳定的宇宙。”[[31]](#footnote-31)他又认为，“当他们踏入同一条河流，不同的水接着不同的水从其足上流过”(残篇12)[[32]](#footnote-32)，即，“人不能踏进同一条河流”，这又表明了统一性中的变化。

根据上面的论述，赫拉克利特的学说与米利都学派的工作还是有一定差别的。“米利都学派企图确定或用概念来规定永恒的世界本原的尝试已经被认为无望了。无一物是永恒的，无论在宇宙中，或在作为整体的宇宙结构中。不仅具体事物，而且当作整体的宇宙都沉浸在永恒的、永无休止的变革中：万物流动，无物永存。我们不能说事物存在着；事物总在变，总在永恒变化的宇宙运动的游戏中消逝。因而，永恒的东西，应有神性之名的东西，不是物，不是实体或物质，而是运动，是宇宙变化过程，是流变本身。”[[33]](#footnote-33)而且，赫拉克利特的自然哲学思想中含有丰富的辩证法思想，体现了世界的对立统一和循环往复。但是，“对于赫拉克利特的逻各斯，如果我们不从事物变化的方面、对立统一的方面来理解它，掌握它，而轻率地认为它指的是抽象普遍的自然规律本身，是事物根本不变的方面，那么我们就真正误解了赫拉克利特，误解了赫拉克利特的作为‘驾驭万物’的生成与变化的根本原则的逻各斯。实际上，赫拉克利特的逻各斯不是一种取消一切对立和差别的、抽象单一的原则，相反，它恰恰活动在对立和差别之中，并且只是在对立和差别的不断地形成与发展之中才实现了它对万物生成的作为原则的支配作用”。[[34]](#footnote-34)对于赫拉克利特的自然观，我国学者评论道：“赫拉克利特反对纯粹依赖于现象，力图寻找现象背后的一般本质的思想引导人们打破愚昧的束缚，走出前现代性；而他强调那流变中的统一、视角性统一的思想又带领我们穿过现代性的迷雾，不让理性全然遮蔽了感官，阻止思想完全操控了身体，让我们重新真正栖身于这个复杂流变充满多样性的世界。”[[35]](#footnote-35)应该说，这样的评论有一定道理。

二、毕达哥拉斯学派：通过自然的本原“数”认识自然

毕达哥拉斯(公元前580—约公元前500)在意大利南部城市克罗托内(古称“克罗顿”)创立了具有自身特色的学派——毕达哥拉斯学派。这一学派与米利都学派是不同的，后者把世界的本原看作是物质性的(即使阿那克西曼德的“无限”也是物质性的[[36]](#footnote-36))，而前者将自然的本质归于形式方面。一个事物的“本性”，使事物如其所是的，不是构成它的那些东西，而是它的结构，结构又可以用数学来表示。在毕达哥拉斯学派看来，“万物皆数”(all things are numbers)，事物皆为数字的摹本，它们的本质是它们的数学构造；数是现实的基础，是决定一切事物的形式和实质的根据，是世界的法则和关系，由这个本性(nature)就可以解释事物不同的表现。“数”既包含数量，也包含几何结构；“数量”和“几何结构”是内在于事物的，成为自然界最本质的原则。[[37]](#footnote-37)不仅现象的形式结构可以用“数”来表达，而且事物就是由“数”组成的，存在于可感事物之中。[[38]](#footnote-38)这点正如毕达哥拉斯的弟子费洛劳斯(Philolaus，公元前480—？)所言：“一切可能知道的事物，都具有数；因为没有数而想想象或了解任何事物是不可能的。”[[39]](#footnote-39)“自然依据精巧的蓝图所安排的万物，不论是单独的还是整体的，都像是被按照数来创造一切的先知和理性所挑选出来并排列成序的，它们只能由心灵来领会，因而是完全无形的，但是是真实的；的确，是真正真实的，永恒的。”[[40]](#footnote-40)

毕达哥拉斯学派上述“万物皆数”的思想并非毫无根据，而是基于他们的经验研究和数学演绎。在现实生活中，有些音调听起来协调，有些音调听起来不协调。毕达哥拉斯通过对声乐和器乐的经验认识发现，人们可以系统地产生听起来悦耳、和谐的音程：先使一根弦发生振动，然后将它从正中间分开，使得振动弦的长度与总弦长之比为1∶2，然后使这个比为2∶3，最后是3∶4，如此，就能够得到八度音程、五度音程和四度音程这样的谐和音程——一种与数没有明显关系的现象，呈现出了一种可以用数学表达的结构。

不仅如此，毕达哥拉斯学派进一步推理，既然上述原理适用于音程，那么也就可以适用于其他事物。他们把研究声学知识过程中首先发现的数学和谐现象加以推广，认为数学为不定者定形，为宇宙带来秩序。如对于天体，他们认为，它们间的距离有一定比例，导致天体有序地运动，就像音乐的谐音一样。据此，他们提出了“天体乐章”或“天体和谐”的思想，称作“科斯摩斯”(cosmos)，意为一个和谐的、有秩序的宇宙。这一思想为以后天文学的发展奠定了形而上学基础，从柏拉图到哥白尼，都是在这一思想的指导下研究天文学的。

当然，对于毕达哥拉斯学派，“音程和谐”“天体和谐”的思想虽然具有科学道理，但是，也蕴涵了他们的宗教追求。在他们那里，科学与宗教没有区分。“毕达哥拉斯学派之所以如此强调数学的研究，在很大程度上是因为其宗教的追求。他们信奉灵魂轮回的教条，他们宗教努力的目标是要净化灵魂，让灵魂从肉体的束缚中解脱出来。而数学的研究，现象背后数的和谐关系的发现，尤其是只有通过心灵才能聆听天体的谐音，可以帮助人类净化灵魂，实现解脱。在这里我们看到科学与宗教在探索宇宙人生奥秘上某些奇妙的一致性。”[[41]](#footnote-41)

上述状况使得毕达哥拉斯学派的数学本原思想具有神秘色彩。他们认为：“每个数字都有其特别的性质，这些性质决定了世上一切事物的特质和表现。‘1’并不能简单地认为是一个数，它体现了所有数的特质。‘2’代表了女性以及观点的差异。‘3’代表了男性和认同的和谐。‘4’可以形象化地理解成一个正方形，它的四个角和四条边都相等，代表了一种平等、公正和公平。‘5’是‘3’与‘2’的和，代表了男人与女人的结合，也就是婚姻。”“毕达哥拉斯认为，‘10’是一个神圣的数字，因为它是1、2、3、4的和，而这四个数字正好定义了这个物理世界的所有维度：1个点代表了零维度，2个点确定了一条一维的线，3个点确定了一个二维的角，4个点则确定了一个三维的立方锥体。”[[42]](#footnote-42)

事实上，毕达哥拉斯学派的数字神秘主义思想，是以当时奥尔弗斯教派的思想为基础的。奥尔弗斯教是一种崇尚灵魂而非形体的新的神学，相信灵魂不朽和灵肉二元。这本身体现了神秘主义。毕达哥拉斯学派持有上述观点，只不过他们把奥尔弗斯教的神秘主义改造成为特殊的理智形式。罗素(Bertrand Arthur William Russell)就从“理论”(theory)这个字的含义变化对此加以说明：“这个字原来是奥尔弗斯教派的一个字，康福德(F. M. Cornford)解释为‘热情的动人的沉思’。他说，在这种状态之中‘观察者与受苦难的上帝合而为一，在他的死亡中死去，又在他的新生中复活’；对于毕达哥拉斯，这种‘热情的动人的沉思’乃是理智上的，而结果是得出数学的知识。”[[43]](#footnote-43)由此可以看出，毕达哥拉斯学派是由神秘主义中发展出理智的成分，将数学和神学结合起来。我国学者也指出：“毕达哥拉斯用数的概念和理论来说明世界的起源，从而使奥尔弗斯教的神秘主义获得了逻辑上的支持，将其抽象化为一种哲学理论。”[[44]](#footnote-44)

同时，毕达哥拉斯学派进一步将这种数的神秘主义扩展至万事万物，使之真正成为万事万物的本原——“数具有一定的神性，它是世间万物之本原，因为有了数，才有了几何学上的点；有点之后才有了线、面和立体；而四种相似的立体又形成了火、气、水、土这四种元素；最后构成万物。”[[45]](#footnote-45)

如此，“毕达哥拉斯学派具有一种十分强烈的神秘主义色彩。人们普遍认为，数学与神秘主义的结合在毕达哥拉斯学派那里达到了一种新的高度，并且最终形成了与科学精神相背离的神秘的、类宗教的团体”[[46]](#footnote-46)。因而，“毕达哥拉斯代表着我们认为与科学倾向相对立的那种神秘传统的主潮”[[47]](#footnote-47)。

尽管毕达哥拉斯学派在对世界的数的本质的探讨中，产生了某些数字崇拜，包含了相当多的神秘主义色彩，但是，他们凭着一种对“万物皆数”的神秘信仰所进行的研究，获得了许多关于自然的重要认识。他们虽然不是基于无神论来探讨世界的数学起源，将数学归结为商人做买卖算账时的简单运算以及泥瓦匠盖房时的几何度量，而是基于神话宗教、万物有灵论等来谈论自然的数学起源这类抽象化和理论化的问题，但是，通过事先预设一个纯粹的数学王国世界以及由此以某种方式构成了现实世界，他们用已经掌握的数学知识去解释说明自然现象和社会现象的认识方式，是值得称道的。这是从另外一个不同的途径来解释事物，即不是通过构成事物的物质或实体来解释事物的行为，而是试图用事物的形式，也就是被看作是某种可以给予数学解释的东西，即它们的结构，来解释它们的行为。毕达哥拉斯学派这种看待事物的方式，这种最早在事物中寻找数的研究，试图为有关的自然知识提供量化的数学基础，对数学和自然科学发展的影响是重大的。这是人类最早对数学与世界之间的关系进行的哲学探讨，为数学方法应用于世界提供辩护，将此称为“科学数学化的源头”也不为过。

大约自公元前300年开始，这种方法在亚历山大里亚及其周边兴盛起来。其实践者主要有欧几里得、阿基米德、阿波罗尼奥斯，以及几个世纪之后的托勒密。他们分别对光学透视、杠杆平衡及浮力现象、圆锥曲线以及地球运行等，进行了相应的数学处理，并获得了相应的认识。这些认识是有价值的，为以后的科学的数学化奠定了基础。

从今天的观点来看，“世界的本原是否为数”这一问题存在争论，科学也不能等同于数学，但是，科学的起源和发展离不开数学，数学是认识世界必不可少的工具。毕达哥拉斯学派的思想不仅对近代天体力学中行星运动定律的发现有决定性意义，而且对理解现代原子光谱学、相对论、规范场论和粒子物理学等都有启示价值。[[48]](#footnote-48)

在天文学方面，毕达哥拉斯学派提出的“圆形和球形是最神圣完美的几何图形，地球和天体都是球形的，每个天体都沿着圆形的轨道运转”，被柏拉图和亚里士多德所接受，成为直至16世纪天文学的基本观念；他们提出的“整个天球[[49]](#footnote-49)是一个和谐的、有秩序的宇宙”，对托勒密的“地心说”、哥白尼的“日心说”、开普勒的“行星运动三定律”，具有决定性的影响，并因此成为牛顿引力理论之先导。在物理学方面，伽利略的“物理的数学化”，牛顿的“力图以数学定律说明自然现象”，爱因斯坦(Albert Einstein)的“相对论”，现代物理学的“粒子理论”等，无不受到毕达哥拉斯学派思想的影响，以至于科学史家丹皮尔(Sir William Whetham Cecil Dampier，1867一1952)指出：“在我们的时代，阿斯顿(Aston)的原子整量说，莫斯利(Moseley)的原子序数说，普朗克量子论，……都是毕达哥拉斯派哲学的一些见解的复活”[[50]](#footnote-50)；我国学者也提出：“自从牛顿以来，自然科学总是在与时空有关的动力学定律的数学结构中，寻找毕达哥拉学派所要求的那种和谐。”[[51]](#footnote-51)

这里可以以“原子光谱的‘谐音’”为例说明这一点。

现代原子物理研究是从光谱学开始的。巴尔末(Johann Jakob Balmer，1825—1898)爱好研究几何投影[[52]](#footnote-52)和建筑结构，并从数和形之中寻求和谐与美。他在1884年发现氢光谱系列的存在，并且根据氢光谱的极其贫乏的数学资料(四条最重要的可见光谱线)，做出了惊人的发现，找出适合一切谱线的数字秘诀——巴尔末公式，其表示式是：λ=Bn2/(n24)，n=3，4，5，…，B=3.6546×107m，其中有规则出现的自然数，揭示了大自然隐秘构造的一个重要细节。之后，里德伯(J. R. Rydberg，1854—1919)提出了另一个经验式，称为“里德伯公式”： (其中R=4/B，称为里德伯常量，λ是谱线的波长)。

将不同的整数置入里德伯的经验式，可以发现和得到不同的氢光谱系列谱线。“里德伯公式”不仅能够预测巴尔末线系，而且还能够预测其他未知的谱线，巴尔末公式是里德伯公式的一个特例，里德伯公式比巴尔末公式更具有普遍意义。

巴尔末公式的发现是具有毕达哥拉斯主义色彩的，可以作为后来光谱公式的范式，为光谱理论构成磐石般的基础。[[53]](#footnote-53)“它使我们重新回想起毕达哥拉斯学派‘预先制定的和谐’。原子的量子态具有特定的形状和频率，它们是预先惟一地确定了的。世界上每个氢原子都奏出一样频率的和音，如巴尔末的谱项公式所示。”[[54]](#footnote-54)“毕达哥拉斯的观念在这里再生：原子的频率谱代表着一系列特征值，它好像是那个原子的典型‘谐音’；‘天体谐音’重又出现在原子世界之中。”[[55]](#footnote-55)

考察爱奥利亚学派的世界本原学说，有一个共同点，都是在强调一种多样性世界背后的统一性的本原，如“水”“无定”“气”“火”，这些本原性的存在是生成着的、变化着的，由此产生出世界上的万事万物。换句话说，世界上的万事万物是由某种终极实在变化而来的，这种终极实在是变化的。既然终极实在是变化的，那么它还是终极实在吗？一个变化的终极实在能够解释世界万事万物的变化吗？与米利都学派不同，爱利亚学派作出的回答是：终极存在是不变的。

三、爱利亚学派：世界的本原是“不变的一”

(一)巴门尼德：世界的本原是不变的存在

几乎与赫拉克利特同一时期，作为南意大利爱利亚学派的哲学家巴门尼德(约公元前515至前5世纪中叶以后，盛年为公元前480年)不同意米利都学派以及赫拉克利特的思想，认为支配世界表象的(即现象背后的本质)应该是一种根本的、不变的存在(unchanging being)；就世界的本原来说，无论何种形式的变化、过程和终结，都是不可能的。

为什么他会把世界的本原归结为“不变的存在”呢？他认为：“但存在者怎么可能在以后存在呢？又怎么可能被生成呢？因为如果它曾被生成，现在便不在，如果它将要存在，现在也不在。这样生成便消灭了，而毁灭也不可听闻。”[[56]](#footnote-56)就此，存在的东西不能从不存在的东西中产生，不存在的东西不能存在(what is not cannot be)是一个公理。[[57]](#footnote-57)顺理成章地，他认为，变化是不可能的，因为变化的东西会变成它所不是的东西，即变成它原来不存在的东西；生成是不可能的，因为要生成的东西一定来自不存在的东西；终结也是不可能的，因为停止其存在的东西就是不存在。这样一来，在他看来，世界的本原就自然而然地成为一种非生成性的、非变化性的和不能终结的存在。

既然世界本原是不变的存在，而变化是变化出原先不存在的存在，则世界上的所有变化在逻辑上也是不可能的。这是从巴门尼德思想中得出的必然结论。由此，巴门尼德就进一步否定了世界上所有形式的变化，认为存在着的只有“一”和永恒。

巴门尼德的思想是违背经验常识的，在今天的人们看来是荒谬的，但是，巴门尼德在这里走的不是经验的日常生活之路。“他代之以走向一条思想的道路(‘一条大道’)，它通向对不变的真理和有死者的意见这两者的一种超越的领会。”[[58]](#footnote-58)如有些人认为，活着的人(存在)去世了，也就是死亡了，也就不存在了。对此，巴门尼德加以否定。“没有人会否定自身的‘是’，因为一旦否定自身的‘是’，就导致自身的‘死亡’，实际上‘死亡’也是一种‘是’，一种与‘生’相对的‘是’，是‘生’的‘不是’。人如果自身都不想做到与‘生’相对，那就更不可能去谈论那绝对的‘不是’。绝对的‘不是’意味着不呈现为言说，也就是说‘无法呈现’。因此‘不是’不存在，任何人们所以为的‘不是’都相对于‘是’，‘不是’(非存在)是以‘是’(存在)为前提的，‘不公正’以‘公正’为前提，‘恶’以‘善’为前提。”[[59]](#footnote-59)按照这种思路，日常生活中人们所说的“不存在”就不是严格意义上的不存在，而是分有了“存在”的“不存在”。“存在”是需要人们的思想把握的，这种把握就是彻底解除日常感觉经验对“真正的存在”的遮蔽，以呈现世界的真实性。

这是对米利都学派和赫拉克利特的反对，也是巴门尼德通过围绕世界本原所作的纯粹思辨式的沉思所得出的形而上学本体论。“巴门尼德是西方哲学史上形而上学的鼻祖，他创立了存在论(Ontology，或译本体论)，这是西方哲学发展史上一次非常重要的突破。”“它表明科学和哲学研究不能仅仅停留在变动不居的现象的描述上，必须要透过现象来认识事物不变的本质，要真正认识和理解变化，必须要把握作为变化之主体的存在。这种把握不是借助于感觉器官进行的，是要借助理性才能的。所以真理是通过思想获得的，感官只能获得意见。”[[60]](#footnote-60)巴门尼德告诉我们，我们的思维不能违反逻辑学上的同一律、矛盾律和排中律。“既然一切都是‘存在’，一切都可以归于‘存在’，那么世界的多样性和变化性就不存在，只有‘存在’存在，换一句话说就是，只有那个被‘是’这个系词所对象化地肯定了的永恒不动的本质世界存在；如果它是真正的实在，那么变化和生灭就是不存在的。”[[61]](#footnote-61)

(二)芝诺：运动是不可能的

1. “芝诺悖论”：“运动是不可能的”

沿着巴门尼德的思想道路，他的学生芝诺(Ζήνων，英文名Zeno of Elea，约公元前490—前425)提出“芝诺悖论”，以一系列的证明来反驳物体运动位置变化的可能性。

一是“二分法”悖论：阿基里斯(希腊传说中的善跑者)为了跑完全程，就必须无限地接触按照1/2、1/4、1/8……的顺序排列的无限的点，而在一个有限的时间内接触无限多的点是不可能的，因此，跑步者跑完全程也是不可能的。

二是“阿基里斯”悖论：最快的跑步者(阿基里斯)也追不上乌龟。因为最快的跑步者要赶上乌龟，首先就要到达乌龟原先的地方；而当最快的跑步者到达乌龟原先的地方，则乌龟又向前走了一点。……如此往复，他是越来越接近乌龟，但永远也追不上乌龟。

三是“飞矢不动”悖论：飞动中的箭在任一时刻都是处于某一位置的，此时它的位置并不变化，如此，它就不运动。

四是“运动场”悖论：说的是运动场上三列物体A、B、C(图2.1(a))的相对运动所造成的谬误，即物体A不动，物体B和C以相反的方向经过一个时间单元运动，则物体B和C之间就有2个空间单元间距，见图2.1(b)；物体B和C以相反的方向再经过一个时间单元运动，则物体B和C之间就有4个空间单元间距，见图2.1(c)；要想物体B和C之间有一个空间单元间距，则对应是半个时间单元，而要想使物体B与物体A之间有一个空间单元间距，则对应的是1个时间单元，如此，半个时间单元等于1个时间单元。



图2.1　运动场悖论[[62]](#footnote-62)

考察上述悖论，是从公认的或者假定的前提出发，经过逻辑推理，得出相互矛盾或者与前提相矛盾的结论。当论证出现这样的悖论时，只有两种可能：一是推理错误；二是前提不成立。从上述四个“芝诺悖论”看，与人类的经验常识相背，似乎是诡辩，但是，其涉及的推理似乎没有问题。既然如此，那么就只能得出一个结论：运动是不存在的，运动仅仅是假象。由此芝诺就为他的导师巴门尼德之“运动是不可能”的观点作出辩护。

芝诺的辩护与经验事实不符，应该是错误的。但是，要证明其错误，就涉及对时间、空间、无限、运动的看法，也涉及数学、逻辑学在运动学中的应用，发人深思。考察人们对待芝诺悖论的态度，大致上如霍盖特(Nick Huggett)所说的三种：第一种可称为“理智战胜经验”态度，为极少数人所持有，他们接受其悖论和结论而怀疑人类的经验，并将经验归结为系统性的误差；第二种可称为“事实胜于雄辩”态度，为绝大多数人所持有，他们认为既然日常生活和经验表明其错误，那么其就是错误的；第三种态度就是“大胆猜测，小心辩护”态度，也为极少数人所持有，他们试图通过严密的论证，表明其似是而非的特征。[[63]](#footnote-63)考察这三种态度，第一种取理性舍感性，第二种取感性舍理性，只有第三种将感性与理性统一起来。历史上许多哲学家就是这样探讨“芝诺悖论”的。

2. 哲学的论证：“芝诺悖论”是不合理的

这方面代表性的哲学家有黑格尔、柏格森、罗素、梅洛-庞蒂等。

黑格尔(Georg Wilhelm Friedrich Hegel，1770—1831)提出：“运动的意思是说：在这个地点而同时又不在这个地点；这就是空间和时间的连续性，——并且这才是使得运动可能的条件。芝诺在他一贯的推理里把这两点弄得严格地相互反对了。我们也使空间和时间成为点积性的；但同样也必须容许它们超出限制，这就是说，建立这限制作为没有限制，——作为分割了的时点，但又是没有被分割的。”[[64]](#footnote-64)

黑格尔的观点影响深远。恩格斯(Friedrich von Engels，1820—1895)、列宁(俄语：Ле́нин，1870—1924)等对此表示赞成。恩格斯在1876—1878年完成的《反杜林论》一书中写道：“运动本身就是矛盾：甚至简单的机械的位移之所以能够实现，也只是因为物体在同一瞬间既在一个地方又在另一个地方、既在同一个地方又不在同一个地方。这种矛盾的连续产生和同时解决正好就是运动。”[[65]](#footnote-65)

这种“既连续又不连续”的观点恰当吗？我国有学者指出，这与相对论的运动观是矛盾的：根据爱因斯坦的狭义相对论，物体运动是在“四维时空”中进行的；依据 “四维时空”概念，每个确定的事件都有四个数(x、y、z、t)跟它相对应，运动物体空间坐标的变化dx、dy、dz是对应于一个时间元dt的。在相对论的概念逻辑中，物体的机械运动也就是物体在某一时刻在某一地方(x1，y1，z1，t1)，在另一时刻在另一地方(x2，y2，z2，t2)，根本不存在物体“在这个地点而同时又不在这个地点”这种情况。这就说明黑格尔的运动命题是与相对论的科学思想不相容的，应该抛弃。[[66]](#footnote-66)

深入依据科学原理来简单反驳“芝诺悖论”，是将复杂问题简单化了，是以时间、空间的间断性来反驳相应的不间断性，以具体的科学实证来反驳抽象的哲学思辨，似乎也是不充分的。柏格森的相关观点也可以用来反驳这一点。

柏格森(Henri Bergson，1859—1941)认为，运动包含两个因素：一是运动所经过空间的动作，这是不可分的；二是运动物体所经过的空间，这是可分的。之所以会出现芝诺的“运动悖论”，是因为把运动和所经过的空间混淆了起来。[[67]](#footnote-67)

运动也是由时间来度量的。对于时间，柏格森认为有两种：一种是纯粹的、绵延的、不间断的真正的时间；另一种是度量的、空间化的、间断的科学的时间。以绵延为本质特征的真正时间是与空间对立的：绵延是流动的质，空间是排列的量；绵延是连续不断，空间是间断可分；绵延是内在的，空间是外在的，我们在外界找不到绵延而只找到同时发生；绵延是生命的界说，空间是物质的规定。绵延的时间是形而上学所要认识的对象，科学的、空间化的时间是理智为实践的功用所做的构造。[[68]](#footnote-68)绵延的时间与空间的时间是不同的，“但严格讲，纯绵延并不是一种数量；一旦我们企图测量它，则我们就不知不觉地使用空间来代替它”[[69]](#footnote-69)。当这样做时，就把物质运动的绵延的形而上学时间，处理成了物体运动所经过空间间隔的科学的空间时间。“所有这些论证都包含着对运动与运动经历的空间的混淆，或者说，至少包含着这样的信条：可以如同处理空间一样地处理运动，将其无限细分而无需考虑衔接。”[[70]](#footnote-70)在柏格森看来，这是造成“芝诺悖论”的根本原因。

罗素(1872—1970)坚决反对柏格森关于“芝诺悖论”的观点。他写道：“柏格森的关于绵延和时间的全部理论，从头到尾以一个基本混淆为依据，即把‘回想’这样一个现在事件同所回想的过去事件混淆起来……只要一认识到这种混淆，便明白他的时间理论简直是一个把时间完全略掉的理论。”[[71]](#footnote-71)紧接着，他认为，运动是连续的，“如果我们一定要假定运动也是不连续的，由运动的连续性便产生某些困难之点。如此得出的这些难点，长期以来一直是哲学家的老行当的一部分。但是，如果我们像数学家那样，避开运动也是不连续的这个假定，就不会陷入哲学家的困难。假若一部电影中有无限多张影片，而且因为任何两张影片中间都夹有无限多张影片，所以这部电影中决不存在相邻的影片，这样一部电影会充分代表连续运动。那么，芝诺的议论的说服力到底在哪里呢?”[[72]](#footnote-72)既然运动是连续的，那么罗素认为，这种连续变化在数学那里，就是由一连串变化的状态构成，柏格森认为“变化是由一连串变化中的状态构成的这种见解称作电影式的见解”，“这种见解是理智特有的见解，然而根本是有害的。”不过，柏格森的主张——“任何一连串的状态都不能代表连续的东西，事物在变化当中根本不处于任何状态”[[73]](#footnote-73)，也是不恰当的。

梅洛-庞蒂(Maurice Merleau-Ponty，1908—1961)认为，柏格森的运动观念属于心理学家的运动观念，罗素的运动观念属于逻辑学家的运动观念，“我们不能认为心理学家是有道理的，也不能认为逻辑学家是有道理的，两者合二为一才是有道理的，我们应该找到使正题和反题都成为真的方法”[[74]](#footnote-74)。这种方法在他看来就是：“既然运动不是内在于运动物体的东西，而是完全在于运动物体和周围环境的关系，如果没有一个外在的方位标，运动就不能被想像，最终也就没有任何方法能把本义的运动归因于‘运动物体’，而不是归因于方位标。”[[75]](#footnote-75)。具体而言就是：“当人们谈论运动的感觉，或谈论运动的特殊意识……只有当运动的知觉用运动的意义，用构成运动的所有因素，特别是用运动物体的同一性来理解运动，运动的知觉才能是运动的知觉，才能把运动当作运动来认识。”[[76]](#footnote-76)对于“与我的移动的手臂共有的动作把我在外部空间没有找到的运动给了我，因为回到我的内部生活的我的运动在那里重新找到无广延的统一性”。[[77]](#footnote-77)如此，对于梅洛-庞蒂，他自己和柏格森、罗素都没有有效地解决“芝诺悖论”，但是，他继承和发展了柏格森把运动问题与运动知觉及其身体体验紧密关联的研究理路，从知觉现象学的角度对这一问题进行阐述。

不可否认，“芝诺悖论”也是一个数学问题。有些哲学家也从数学的角度通过修改芝诺悖论以进行相关认证，表明能够完成芝诺的“超级任务”，从而解决“二分法”悖论。

3. 数学计算：“芝诺悖论”是能够解决的

亚里士多德对“二分法”进行了深入思考，他认为可以假定阿基里斯10秒跑完100米全程：过了5秒，跑了50米；再过了2.5秒，再跑了25米；再过了1.25秒，再跑了12.5米；……如此，到第10秒时，恰好跑到终点。这就是说，如果采取时间如空间那样的变化方式，那么在芝诺看来需要无限多个步骤的任务，可以在有限的时间内完成。

真的如此吗？仔细思考，似乎不是如此。按照亚里士多德这种解决方案，跑完100米所花的总的时间应该是5+2.5+1.25+…，这时就需要无限个单元的时间，无限个数之和就是个无限的时间，即在亚里士多德那里，10秒就成了一个无限的时间，一个有限的时间成了无限的时间，阿基里斯仍然需要无限的时间才能到达终点，即他永远也跑不到终点。如此，就又回到了“二分法”悖论本身。

亚里士多德自己也意识到上述问题。为了解决这一问题，他认为上述所谓“10秒之无限”不存在，要使之事实上成为无限，就需要我们在无限的每一个时间间隔点开始的时候，用手指来捕捉它们，但是，诸如此类的事情不会发生，发生的只是思想中的“无限”分隔开的点，这是“潜在的”，也是不存在的，如此，我们可以但不要把10秒分开。

亚里士多德的上述论证，乍眼一看也不严密。10秒是否包含了无限的部分，与我们采取什么样的措施对此拆分无关。事实上，即使一个区间实际上被划分为一个有限区间的无限(每个区间与下一个有限的时间相隔)，它仍然可以是有限的；而一个有限的存在，确实可以划分为无限的间隔。这点从数学的一个线段的划分也可以说明。

这样的问题还是应该从时间和空间的数学描述和说明中加以阐述。事实上，这里要说明的是(1/2+1/4+1/8 +…)是否等于1，如果等于1，则10秒×(1/2+1/4+1/8+…)就等于10秒，在10秒内就可以跑完全程，否则，就呈现“二分法”悖论。至于“(1/2+1/4+1/8+…)是否等于1”这一问题，即“无限的总和是否有一个极限或是否等于有限”这一问题，直到19世纪才被柯西(Augustin-Louis Cauchy，1789—1857)完全解决。他的工作明确回答了“所有的无限的总和是否等于无穷大”这一问题，从而也证明了芝诺悖论的错误。

哲学家葛瑞姆(Adolf Grünbaum)就举了阿塔兰忒(Atalanta)[[78]](#footnote-78)的例子来说明“阿基里斯”悖论，并按照图2.2的设计，以达到完成芝诺“超级任务”的目的。

按照图2.2，阿塔兰忒的地点是参照时间标示的，表明她的赛跑是针对两次路程，以更短时间内的递减速度进行的。阿塔兰忒每跑一段就停下休息一段时间，在停下休息之时所跑距离为之前所跑路程的1/4，速度为前一段的一半。

在第一个时间段2.5秒，她以30米/秒的速度奔跑，走过第一段距离75米；然后她休息2.5秒，此时段她的运动速度和运动距离都为零；之后，进

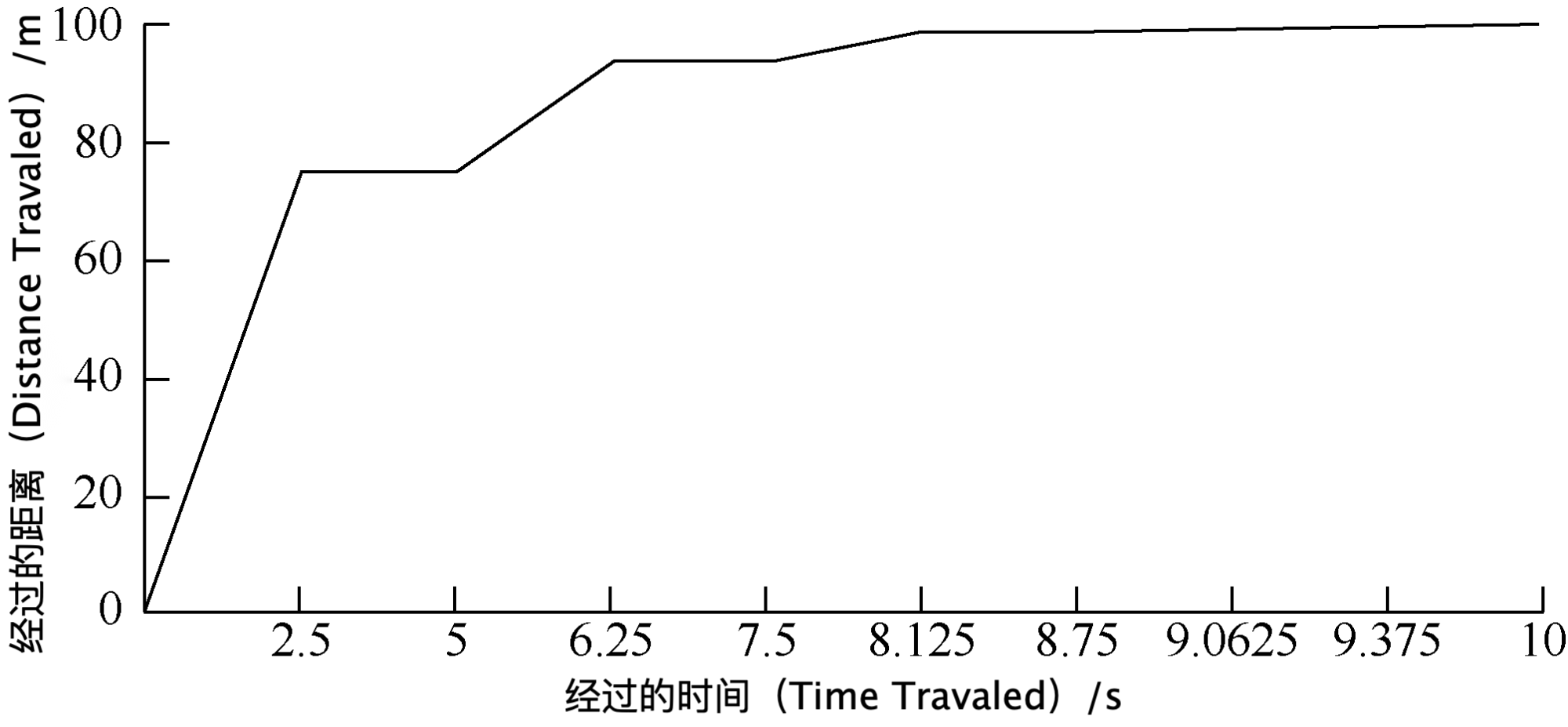


图2.2　间歇跑[[79]](#footnote-79)

行第二个奔跑时段，按照上述奔跑规则，她奔跑速度是第一个奔跑时段的一半，即15米/秒，奔跑的距离应该是之前所跑距离(75米)的1/4，即18.75米，所花的时间是1.25秒，此时，所花的时间总共是6.25秒，所奔跑的距离是75米加18.75米等于93.75米；之后，她再休息1.25秒，此时，她花费总时间为7.5秒，所跑距离仍为93.75米；之后，她进行第三个奔跑阶段，速度为前一奔跑时段的一半，即7.5米/秒，奔跑距离为前面所跑距离(18.75米)的1/4，即4.6875米，所花时间为0.625秒；之后，她再休息0.625秒，此时共花费时间8.75秒，所跑总距离为98.4375米；之后，她以速度为3.75米/秒奔跑，经过0.3125秒，跑了1.171 875米，此时共跑距离99.609 375米；之后再休息0.3125秒；再以速度为之前的1/2即1.875米/秒奔跑，奔跑0.156 25秒，奔跑距离为之前的1/4，即0.292 968 75米；之后再休息0.156 25秒，共花费时间9.6875秒，跑了99.902 343 75米；以此类推，就能够在最后一个奔跑时段结束时，时间刚好达到10秒，奔跑的总距离正好达到100米。[[80]](#footnote-80)

相关的数学计算也表明了这一点。按照图2.2，阿塔兰忒在整个间歇性的奔跑过程中，每一次奔跑的路程总是之前路程的1/4，所以她所跑的总路程为75米×(1+1/4+[1/4×1/4]+[1/4×1/4×1/4]+…)。根据柯西定律，这个总和是75米×4/3=100米，即阿塔兰忒跑完了全程。

至于阿基里斯这一奔跑全程是否在有限的10秒内完成，也可以通过计算表明：因为阿塔兰忒每次奔跑的距离是前一次的1/4，速度是前一次的一半，所以所用的时间是前一次的1/2(例如，1.25秒是2.5秒的1/2)，她跑步总共花费的时间是2.5秒×(1+1/2+1/4+…)，再考虑到她每跑一段距离总要休息与跑步时间相同的时间，所以她花费的时间应该加倍，即2×2.5秒×(1+1)=10秒。这也就说，当她按照上述规则奔跑到10秒时，她跑了100米，而且恰好停下来。由此，她打破了“二分法悖论”，完成了芝诺所谓的不可能完成的无穷无尽奔跑的任务。

芝诺提出的四个悖论，虽然本质上是为了否定运动的存在，但也一定程度上反映出当时古希腊人对运动、时间和空间的认识，对这一问题的讨论也让古希腊人开始以有限与无限、连续与间断来思考时间与空间，这表现出一种新的认识自然的方式。同时，芝诺悖论所展现的矛盾“不是感官经验所能把握的，而是依据当时自然哲学和数学得到的成就，靠巴门尼德奠定的理论思维和逻辑推理才能认识的”[[81]](#footnote-81)。也就是理性的思维，这种特点表现为论证的结果是与经验的日常生活相冲突的，这体现爱利亚学派对自然的认识是需要用思想来把握的，摒弃日常感觉经验，呈现世界背后的真实，即不变的“存在”。

按照巴门尼德的“世界的本原是不变的存在”的思想，泰勒斯的世界本原之“水”，阿那克西曼德的世界本原之“无限”，阿那克西美尼的世界本原之“气”等，就是不合理的了；而且，人类通过观察所感觉到的经验世界本原方面的变化，也是不正确的了。“巴门尼德的形而上学和认识论没有为诸如他的伊奥尼亚前辈所曾经构造过的宇宙论留有任何余地，也确实没有为任何根本的对我们的感官向我们揭示的世界的信仰留有空间。”[[82]](#footnote-82)鉴此，下列问题呈现出来：世界的本原如果是一种永恒不变的存在，那么这样的不变的存在是什么呢？它如何引致事物的运动和变化？对这些问题的探讨促使爱利亚学派之后的哲学家提出新的思想，并使希腊哲学由“宇宙生成论”转向“元素论”和“原子论”。这是希腊自然哲学发展的新阶段。

四、元素论者和原子论者：由基本的要素解释宏观世界

(一)恩培多克勒的“四根说”

首先提出“元素论”构想的是意大利西西里岛上的科学家和哲学家恩培多克勒(约公元前495—约前435。他认为，对于万事万物，水、土、火、气是“根”，“根”本身不是生成的，而是永恒的、非创造的，它们是原始的基本的元素，在“爱”和“恨”两种对立的原始力量推动下结合或分离，造成世界上的万事万物的生灭和变化：在完美无瑕的“爱”中，它们形成一个同质性的整体；在“爱”“恨”同时存在时，四种元素彼此斗争，以一定比例混合，形成具体的事物；不同的实体就是由“四根”按照不同但明确且固定的比例组合而成，在此过程中，四种元素没有生灭和变化。

根据恩培多克勒的理论，他已经意识到了只要假定诸“根”按不同比例混合，就可从理论上解释众多实体的形成。他比任何一位在他之前的前苏格拉底哲学家都更明确地掌握了“元素构成”的概念：原始的实体(在任何事物存在之时就已经存在的实体)是简单的实体，可以由复杂事物分解，但它们本身不能再进一步分解。这一概念与化学中的定比定律(化合物中各种元素在质量上按固定不变的比例构成)相一致，不同之点在于它不是化学上的纯净物。

对于恩培多克勒的“四根说”的科学意义，也不能夸大。例如，有学者认为，未来科学所涉及的DNA分子序列图谱的变化、宇宙学理论、知觉与认识理论以及生命统一性理论的研究，是可能把恩培多克勒视为一位古老的先驱的，并以其思想为基础；在上述四个主要领域中，恩培多克勒确保了他在哲学史上的地位。[[83]](#footnote-83)分析上述话语，就有夸大恩培多克勒“四根说”之嫌——把恩培多克勒视为所称“四个领域”的一位古老的先驱，并无不妥，但是，“以其思想为基础”则过了。

恩培多克勒的自然哲学思想，已经与其之前的自然哲学家的思想有所不同。在米利都学派、毕达哥拉斯学派和赫拉克利特那里，自然的本原是能动的，并且作为万物生成变化的原因。而在恩培多克勒这里，“四根”是永恒不变的“存在/有”本身，但是，其有生命，在“爱”与“恨”两种对立的力量作用下，形成世界上的万事万物，如此，世界的本原就是一个永恒不变的生命体；“四根”这种“不变的存在者”外在的混合与分离，造成了自然中的生灭变化，就此而言，世上万物是构成性的存在，但是，世上万物又是“四根”在“爱”与“恨”两种原始力量下形成的，世上万物就成了一个“构成性的生命”的存在。与“生机论”相比，在恩培多克勒的“四根说”那里，世界的本原以及世界自身就不再被理解为一种不断生成的生命体，而是一个起源于永恒不变的本原的“构成性”的存在，宇宙的生命意义已经从希腊思想中消退了许多。

(二)阿那克萨戈拉的“种子说”

与恩培多克勒相比稍晚一点的阿那克萨戈拉(公元前500—前428)，同意恩培多克勒的观点，保留“有”不能从“无”中产生的原理。他认为，用某一种具体的物质或元素作为万物本原，不能够解决“一”和“多”的关系问题。他认为，存在不是唯一的，万物是由许许多多的体积无限小的“种子”构成的；“种子”有各种不同的性质，数目无限多，体积无限小，在种类上与可感性质相同，是构成世界万物的细小微粒和最初元素；每种“种子”具有一种不变的性质，“种子”的结合和分离造成万物的生灭和变化；在世界的伊始，所有的种子都混合在一起，形成一个巨大的混沌物，然后这个巨大的混沌物通过旋转，将混沌物中的各种“种子”分离出来，进而构成了我们今天看到的万事万物。不过，他又认为，各种“种子”是不可能被完全分离开来的，它总会带有一些微量的其他种子，如此，“每一事物还包含每一事物的一部分”，“今天存在的每一种类的自然实体存在于我们看到的周围的每一物体当中”。[[84]](#footnote-84)如我们看作黄金的东西，主要成分是黄金，但是，也包含其他每一种物质(“种子”)的一小部分，而每一小部分又包含了其他事物(“种子”)的每一小部分，这种分离永远不会彻底完成。当一类性质的种子在数量上聚集到一定的程度，代表这类性质的具体事物就生成了；当另一类性质的种子在数量上聚集到一定程度(在那个原始的混合体中占据了绝对的优势，大到可以被我们知觉的程度)，从而与前类事物相比占据优势时，这个事物就表现为性质的变化或者事物本身的消灭。在此过程中，事物的种类是发生了变化，但是不变的是相应“种子”的本质。这是用不变的本质来解释变化的现象，变化的是现象，不变的是本质。这点正如阿那克萨戈拉所言：“希腊人对生成和毁灭认识得不正确；因为无物生成也无物毁灭，而是来自存在物的混合和分离。因此将生成称作混合、毁灭称作分离就有可能是正确的。”[[85]](#footnote-85)

阿那克萨戈拉认为“种子”本身是不具有能动性的，是非能动者，推动“种子”结合和分离的东西在于“种子”之外的一种存在——“努斯”(Nous)。在希腊文中，“努斯”本义为心灵，引申义为理性。他认为，“努斯”是独立自主的，不与其他事物混合，因此，“它在一切事物中是最精细的、最纯粹的”[[86]](#footnote-86)。正是“努斯”的作用，才使原始的混沌体发生漩涡运动，造成无数“种子”的结合与分离，以及万事万物的生成与毁灭。这样，“努斯”一词就既具有物质的内涵，又具有精神的内涵。就其物质的内涵而言，“努斯”作为物理的作用足以说明世界生灭变化；就其精神的内涵而言，“努斯”具有心灵思维的、认知的功能。前一个方面容易理解，后一个方面可从阿那克萨戈拉关于“努斯”性质的陈述中得出。他认为：“努斯”“具有关于一切的所有知识”[[87]](#footnote-87)；“努斯”“知道一切混合的东西、分开的东西和分离的东西”[[88]](#footnote-88)。而且，在阿那克萨戈拉看来，这后一方面更加重要。如果是这样，“他赋予它具有理性知识的内涵。而我们说恰恰这一点是重要的，因为这使得心灵在作为一种物质存在的同时也具有思维的存在，同时，也使它摆脱了仅仅从动力学的角度来对宇宙的生灭变化加以说明的片面性，而具有对宇宙的生灭变化从其理性秩序的角度来加以解释的功能”[[89]](#footnote-89)。也只有将“努斯”赋予这一精神内涵，它才能如阿那克萨戈拉所宣称的那样，完成以下功能：“凡是过去将要存在、曾在、现在以及将在的一切，心灵都予以安排，也包括星辰、太阳、月亮、气、以太这些分开的东西现在所旋转的那种旋转。”[[90]](#footnote-90)试想：一个没有理性设计功能的“努斯”，怎么可能安排“过去将要存在、曾在、现在以及将在的一切”？就此，它与后来的柏拉图之理念论、亚里士多德之形式因紧密关联。

(三)留基伯和德谟克利特的“原子论”

从上述元素论者的讨论中可以看出，他们的理论看起来好像非常简约和粗糙，其中也含有自然的“神话”和“人格化”的意味，但是，他们试图通过作为世界本原的元素来解释日常经验中的各种自然现象，与近代科学的思想是相一致的。

这种特征也集中体现在由米利都的留基伯(约公元前500—前440)提出，后经阿布德的德谟克利特(公元前460—前370)加以发展的“原子论”的思想中。在公元前5世纪提出的各种理论体系中，最著名和最有影响的恐怕要数这种“原子论”了。

原子论的主要内容是：原子是构成事物的最小微粒，不可再分；所有的原子都是相同的，只能通过形状、位置与排列方式进行区别；原子的不同排列组合，造成一个物体与另一个物体的差别；原子是实在的，虚空是没有充实性的，原子在其中运动；原子在虚空中相互碰撞，造成涡旋运动，导致原子的结合与分离，产生通常所见的各种事物及其生灭变化。

分析原子论的内涵，不难发现，原子论是一种朴素的本体论学说，它所包含的机械还原论色彩是较明显的：力图将宏观层次上的万物分割还原为原子；原子不是生成的，也不会毁灭，它们是不变的、同质的和固态的，而且看不见；原子只具有某些最简单的机械性质——形状、大小和重量(后者为古希腊晚期哲学家伊壁鸠鲁所加)；原子的运动和相互间的关系也只具有某些最简单的机械性质，宏观上的多样性可以还原为微观层次上的机械运动，并由它们对世界做出统一的解释(尽管原子论者在把理论运用到解释具体现象上做得很不够)，所有种类的变化都使用原子的结合与分离来进行解释。[[91]](#footnote-91)

对于恩培多克勒和阿那克萨戈拉而言，基本事物或是可观察的元素和性质，或是不可观察的种子和性质，基本过程则是这些“元素”或“种子”的聚散。与其不同的是，在原子论者德谟克利特和留基伯那里，“基本事物不是性质和要素，而是物理性的诸个体(physical individuals)，而基本过程也不是这些个体的聚散，而是它们的聚合体(aggregates)的形成与分解”[[92]](#footnote-92)。原子结合和分离形成各种复合体，所有种类的变化都用原子的结合与分离来解释，它们具有各种可被感觉到的性质，如颜色、味道和温度等，但原子本身在本质上没有改变。如此，他们就用构成事物的原子的数量和形状，原子之间弥漫的虚空，以及原子在虚空中的运动，来解释事物的可感性质。对他们来说，除了原子和虚空外，所有的一切可归于经验现象，而所有的经验现象可由原子和虚空解释。德谟克利特就说道：“在习俗上是甜的，在习俗上是苦的，在习俗上是热的，在习俗上是冷的，在习俗上是颜色，但实际上是原子和虚空。”[[93]](#footnote-93)

在将原子论用于解释世界产生的过程中，德谟克利特提出了“漩涡运动说”：一部分原子由于碰撞等原因而形成一个原始漩涡，在此形成过程中，较大的原子被赶到漩涡的中心，相互聚集形成球状结合体，即地球；较小的原子被赶到外围，产生一种环绕地球的旋转运动，而且，由于这些旋转运动而变得干燥，最后燃烧起来，变成各个球。[[94]](#footnote-94)考察康德提出的“星云假说”，与此有着许多相同的内容。

在演绎漩涡运动说中，德谟克利特表述了两个重要思想：一个是世界的可生可灭性，另一个是自然界存在固有的运行规律和法则，这体现了自然的严格决定论。“其中发生的一切都是惰性的物质原子依其本性运动的必然结果。没有心智或神闯入这个世界。生命本身被还原为惰性微粒的运动。目的或自由没有位置，统治世界的只有铁的必然性。”[[95]](#footnote-95)

而且，德谟克利特还将留基伯的原子论扩展到认识论系统。他就认为，由原子排列组合而成的物体本身所具有的特性，如空间的占有性、惰性、密度与硬度等，是客观的第一位的性质，而有关颜色、气味、味道等，由人的知觉而起，是第二位的性质。这一思想被伽利略接受并应用于“数学的物理学”的创立中。

德谟克利特还用原子论解释人类的认识活动，提出“影像说”。他认为，从事物中流射出来的原子形成的“影像”作用于人类的感官和心灵，就产生了人类对事物性质的认识。对于人类的知觉，他认为，知觉之所以可能，是因为人的灵魂是由微小的原子(火原子)构成，当人观察时，这些微小原子就被外在物体向外流射出的微小图像所撞击，从而便产生了感官知觉。他的这种理论对近代西方哲学的经验论产生了较大的影响。

需要补充的是，留基伯和德谟克利特也强调数学的重要性。他们相信所有的物质都是由同质的原子组成的，这些原子位置、大小和形状不同，共同决定着世界上的万事万物；原子是可以用数学表达的，由数学表达的原子组成的世界也是由数学定律严格决定的，也应该可以由数学来表达。

从近代科学的诞生及发展看，古希腊原子论是一个伟大的成就，但是，它在公元2世纪之后却受到遏制，相反，机体论却大行其道。究其原因，与当时对史前神学自然观和万物有灵观的承继有关，也与中世纪神学自然观占据主导地位有关。

到了古希腊晚期，伊壁鸠鲁继承并且发展了原子论。后来的阿拉伯科学家也持类似观点，主张原子构成了四种元素。在11世纪，印度科学家发展出一种独特的原子论，认为两个原子或者三个原子可以结合成一组。到了17世纪，随着近代科学革命的进行，原子论有了进一步的发展。弗朗西斯·培根推崇原子论，提出“微粒说”。伽利略吸收德谟克利特关于物体两种性质的学说，给出“第一性质”“第二性质”的界定。笛卡尔反对原子不可分的思想，阐述“机械的微粒学说”。伽桑狄(Pierre Gassendi，1592—1655)针对笛卡尔的观点，全面复兴了古代原子论，认为原子是不可分的，在空无一物的虚空中运动，原子具有广延性，但广延不是它的本质。17世纪的胡克认为，容器(如气球)器壁受到的气体压力，也许是由周围的随机碰撞引起的。他的同时代人波义耳认识到气体能够被压缩，认为气体也许是理解原子的关键。到了18世纪，科学家陆续发现大气中有不同类型的气体，用今天的话说就是氧气、氮气、二氧化碳气体。所有这些给道尔顿以启发，使他于19世纪初提出了近代科学原子论。

道尔顿(John Dalton，1766—1844)首先研究了法国化学家普鲁斯特(Joseph Louis Proust，1754—1826)于1806年发现的定比定律(参与化学反应的物质质量都成一定的整数比)，之后又发现了倍比定律(当两种元素所组成的化合物具有两种以上时，在这些化合物中，如果一种元素的量是一定的，那么与它化合的另一种元素的量总是成倍数地变化的)。为什么元素间的化合总是成整数和倍数的关系呢？道尔顿对此问题展开研究，认为气体的压缩和扩散都是由微粒间的吸引与排斥引起的，正像牛顿力学中的物质微粒。对于此微粒，道尔顿借用古希腊“原子论”中的“原子”来表示，从而提出新的原子论。他认为：元素是由非常微小、不可再分的微粒——原子组成的，原子在一切化学变化中不可再分，并保持自己的独特性质。同一元素的原子完全相同，不同元素的原子在质量、形状和性质上各有不同；在混合气体中，一类气体的原子并不排斥另一类气体的原子，仅仅是同类原子相互排斥，不同类的原子它们可以化合成化合物(当时分子论还没有提出)；化合物的原子称为“复合原子”，它由构成该化合物成分的元素的原子结合而成，同一化合物的“复合原子”完全相同。

与古希腊原子论相比较，道尔顿原子论是人类第一次依据科学实验证据，经过推测提出来的理论，改变了古希腊原子论单纯哲学思辨的性质。在古希腊的原子论中，“原子”是未分化的、不可分的、同质的微粒，而在道尔顿的原子论中，“原子”有不同种类，具有不同的特性，由它们可以构成不同特性的物质。1826年，戴维(H. Davy，1778—1829)就说：“道尔顿先生的不朽荣誉在于，他发现了普遍适用于化学事实的简单原理……从而奠定了未来工作的基础……他的功绩将与开普勒在天文学的功绩并辉。”[[96]](#footnote-96)

自道尔顿之后，原子论又有了进一步的发展，形成了现代原子论——卢瑟福(Ernest Rutherford)的“太阳系模型”，玻尔(Niels Henrik David Bohr)的“轨道模型”，以及在其之后的“亚原子”或“基本粒子”等模型。可以说，现代原子论已经成为整个自然科学最基本的理论之一。

考察科学发展的历史可以发现，17世纪科学中机械自然观的形成，“微粒说”的兴起，18世纪科学原子论的提出等，都是与古代原子论的复活分不开的：它所代表的思想路线——以不变的基本物质微粒的运动来解释宏观经验现象，是近代科学研究所遵循的主要思想路线；它所内含的自然观与近代科学中的机械论自然观基本一致；它试图通过少数基本假定来统一解释自然界的各种现象，以实现科学理论统一性的方法论原则，同样被近代科学所继承发展，成为它的研究纲领的一部分。

当然，这也不是说古代原子论就十全十美，不存在任何欠缺。事实上，古代原子论带有深厚的机械论色彩，不能有效地解释原子如何因碰撞而形成万物；虚空和漩涡运动只说明了运动的场所和形式，但是不能解释运动的真正原因；等等。不过，与原子论的价值相比，这些欠缺仍然不能抺杀它在人类认识自然过程中的地位，以及对于近代科学革命的意义。

鉴于以上论述，米利都学派是第一个探讨世界本原问题的学派，开启了宇宙生成论，用自然的因素解释自然。赫拉克利特对此加以发展，形成了他的“逻各斯”学说。毕达哥拉斯则认为万物的本原是数，通过“数”来认识自然。巴门尼德基于形而上学本体论的思辨，提出世界的本原应该是不变的存在，直接导致古希腊早期宇宙生成论的转向，即用不变的存在解释变化的现象，即用本质来解释现象。恩培多克勒的“四元素说”、阿那克萨戈拉的“种子说”、德谟克利特和留基伯的“原子论”是这方面的典型代表。他们将古希腊自然哲学推向新阶段。

1. 至于古希腊自然哲学或者说自然科学出现的原因，与其所处的地理位置以及当时的政治、经济、文化、生态环境等相关。麦克莱伦第三和多恩就说：“一旦在古希腊出现了一种科学文化，它的成形总是由社会决定的，而那种社会并没有赋予科学研究以社会价值和向它提出要求，也没有为较高学问的学派提供过公开支持。”不过，他们又指出：“要想真正搞清楚为什么只有在希腊人居住的地方才出现了一种新型的科学文化，那是不可能的。”(参见[美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第79页。) [↑](#footnote-ref-1)
2. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第146页。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 在语言学意义上，生机论(又译作“活力论”，通常被称为生命主义、生气论、生机说、生命力)是“一种认为生物的机能和活动产生于物理学和化学均无法解释的生命力的理论”，其名词形式 vitality 的释义是“生命力、生机、活力、生动性”等。“生机论”在人类历史上存在长久。它主张有某种特殊的非物质的因素支配生物体的活动。“生机论”把生命运动看作是由凌驾于生命物质之上的力量引起的。“生机论”渊源于古希腊的亚里士多德。较早的这派学说创造了一个叫做“隐德来希”(entelechy，意为生命原理)的东西，把一切不易解释的现象都当作这一个渺茫的东西的作用。现代版本的活力论是19世纪初由瑞典化学家贝采利乌斯提出的，他的基本立场是：有生命的活组织，遵循的是攸关生机的原理(vital principle)，而不是物理、化学乃至生物原理；这样的生命有自我组织和自我决定的能力。“生机论”认为生命拥有一种自我的力量(elan vital)，或是称为“生命力”(life-force)、“生机脉冲”(vital impulse)、“生命活力”(vital spark)、“生命能量”(vital energy)的东西，甚至有些人称此为“灵魂”“气”，这种力量是非物质的，因此它无法完全以物理的或化学的方式来解释。 [↑](#footnote-ref-3)
4. [美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第137-143页。 [↑](#footnote-ref-4)
5. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第43页。 [↑](#footnote-ref-5)
6. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第40页。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 刘兵、杨舰、戴吾三：《科学技术史二十一讲》，北京：清华大学出版社，2006年，第43页。 [↑](#footnote-ref-7)
8. [英]斯蒂芬·F. 梅森：《自然科学史》，上海外国自然科学哲学著作编译组译，上海：上海人民出版社，1977年，第12页。 [↑](#footnote-ref-8)
9. 亚里士多德：《形而上学》，982b6～14，见苗力田：《古希腊哲学》，北京：中国人民大学出版社，1989年，第20页。 [↑](#footnote-ref-9)
10. “这里我采用了KRS和伯奈特的意见(详见正文)。即认为这一句话不应翻译成‘他是第一个运用了本原这一名称的人’，而应翻译作‘他是第一个运用了本原的这一名称的人’。这是因为，前一翻译仅从句法上看就是不合适的。……”“本原这一名称”和“本原的这一名称”仅一字之差，但意思却相差万里。“本原这一名称”暗示阿那克西曼德是第一个使用“本原”这个概念的人，从而就把“本原”的发明权归于阿那克西曼德了。而“本原的这一名称”则表明在塞奥弗拉斯特看来阿那克西曼德是第一个使用ἄπειρον这个概念来说明“本原”概念的人。(转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第162页。) [↑](#footnote-ref-10)
11. 国内学界习惯用“无限”称之，聂敏里认为用“无定”即“无限定”更恰当。(参见聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第43页。)笔者赞同这一观点。 [↑](#footnote-ref-11)
12. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第163-164页。 [↑](#footnote-ref-12)
13. 转引自[美]G. S. 基辰克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第196页。 [↑](#footnote-ref-13)
14. [美]梯利：《西方哲学史》，贾辰阳、解本远译，北京：光明日报出版社，2014年，第25页。 [↑](#footnote-ref-14)
15. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第42页。 [↑](#footnote-ref-15)
16. [英]泰勒：《从开端到柏拉图》，韩东晖、聂敏里、冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2003年，第69页。 [↑](#footnote-ref-16)
17. 苗力田：《古希腊哲学》，北京：中国人民大学出版社，1989年，第31页。 [↑](#footnote-ref-17)
18. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第19-20页。 [↑](#footnote-ref-18)
19. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第163-164页。 [↑](#footnote-ref-19)
20. 自然主义有多种含义，在各个学科领域中的表现也不同。此处的“自然主义”指的是面向“现实的自然界”而非“超自然界”。 [↑](#footnote-ref-20)
21. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第21页。 [↑](#footnote-ref-21)
22. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2004年，第7-8页。 [↑](#footnote-ref-22)
23. 古希腊米利都学派的哲学家阿那克西美尼提出：“什么东西是持存的？”“持存”一词大概来源于此。它的意思是不变不动，永恒存在，说通俗点就是持续存在。实际上米利都学派都是在寻求构成万物的那个“持存”。 [↑](#footnote-ref-23)
24. “逻各斯”是西方思想文化领域中运用得十分广泛的术语，但是，对于不同的人，在不同的领域以及不同的场合，它的含义并不都一样。它的具体含义要根据运用者使用时的情况来确定。在赫拉克利特那里，“逻各斯”主要是指一种“分寸”、尺度，也有规律的含义，但与我们现在使用的规律的含义还不能等同。逻各斯具有客观性、公共性、共同性、普遍性。客观是“永恒地存在着”，即使人们对它毫无所知，它仍然存在，即不依赖于人的意识。(参见赫拉克利特. 《著作残篇》D1，见北京大学哲学系外国哲学史教研室编译：《古希腊罗马哲学》，北京：商务印书馆，1982年，第18页)普遍性和共同性指万物“根据这个‘逻各斯而产生’”，万物都遵循逻各斯。(参见赫拉克利特. 《著作残篇》D1，见北京大学哲学系外国哲学史教研室编译：《古希腊罗马哲学》，北京：商务印书馆，1982年，第18页)公共性指逻各斯是“人人共有的东西”，是“顷刻不能离的”“指导一切的”“每天都要遇到的”东西。(参见赫拉克利特. 《著作残篇》D2、D72，见北京大学哲学系外国哲学史教研室编译：《古希腊罗马哲学》，北京：商务印书馆，1982年，第18、26页)(转引自黄颂杰、章雪富：《古希腊哲学》，北京：人民出版社，2009年，第18-19页。)关于logos的用法，我国有学者加以概括：关于logos这个词，格斯里从古代希腊著作中总结出十一种用法，虽然他的分法有点过于琐碎，但大部分是言之有据的，这十一种是：叙述；名誉；意见思想；原因、理由、推论；事实真相；尺度；比例；一般原则或规则；理性的力量；定义、公式；英语无对应的意义。(参见陈阳：《火、逻各斯、城邦生活三者的内在关系——赫拉克利特哲学思想研究》，《西南交通大学学报(社会科学版)》，2019年第4期，第102-110、118页。) [↑](#footnote-ref-24)
25. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家——原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第279页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家——原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第279页。 [↑](#footnote-ref-26)
27. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家——原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第279页。 [↑](#footnote-ref-27)
28. Diels H, Kranz W, Die Fragmente der Vorsokratiker, Krster Band, Weidmann’sche Verlagsbuchhandlung, 1960, S. 167. [↑](#footnote-ref-28)
29. [古希腊]赫拉克利特：《赫拉克利特著作残篇》，[加]罗宾森英译，楚荷中译，桂林：广西师范大学出版社，2007年，第41页。 [↑](#footnote-ref-29)
30. 流变，指事物在社会环境中发生性质、表征上的发展变化，多用于描述民风物故等社会现象、文化元素的变迁。 [↑](#footnote-ref-30)
31. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第34页。 [↑](#footnote-ref-31)
32. [古希腊]赫拉克利特：《赫拉克利特著作残篇》，[加]罗宾森英译，楚荷中译，桂林：广西师范大学出版社，2007年，第22页。 [↑](#footnote-ref-32)
33. [德]文德尔班：《哲学史教程》(上卷)，罗达仁译，北京：商务印书馆，1987年，第55页。 [↑](#footnote-ref-33)
34. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第57页。 [↑](#footnote-ref-34)
35. 乔楚：《直观与统一：赫拉克利特的自然观》，《学术探索》，2014年第8期，第25页。 [↑](#footnote-ref-35)
36. 这句话似乎与上文的“世界的本原不是具体的实体”矛盾，其实不然。实体最早在亚里士多德是ousia，后来译作substance，substantial的意思是实体性的。实体以及实体性的与物质以及物质性的含义不同，前者属于后者，但是，后者并不单纯只包含前者，某种非实体性的物质以及物质性的存在还是存在的。阿那克西曼德的“无限”就是这样的存在。 [↑](#footnote-ref-36)
37. Maziarz E A. The Philosophy of Mathematics. New York: Philosophical Library, 1950: 33. [↑](#footnote-ref-37)
38. 关于数与可感事物之间的关系问题，随着毕达哥拉斯学派思想的发展的延伸，有几种不同的回答：有的人认为事物本身就是数，有的人认为事物是在模仿数，也有的人认为数学对象抽象存在于可感事物之中。(参见林夏水：《数学哲学》，北京：商务印书馆，2003年，第36-38页。)早期的毕达哥拉斯学派大多持有第一种观点；柏拉图认为，数学对象独立于可感事物，可感事物是对完美数学理念的不完美复制，由此，他持有第二种观点；亚里士多德认为，数学对象不能独立存在，只能抽象地存在于可感事物之中，由此，他持有第三种观点。 [↑](#footnote-ref-38)
39. [美]T. 丹齐克：《数：科学的语言》，苏仲湘译，北京：商务印书馆，1985年，第35页。 [↑](#footnote-ref-39)
40. [美]T. 丹齐尔：《数：科学的语言》，苏仲湘译，北京：商务印书馆，1985年，第36页。 [↑](#footnote-ref-40)
41. 刘兵、杨舰、戴吾三：《科学技术史二十一讲》，北京：清华大学出版社，2006年，第45页。 [↑](#footnote-ref-41)
42. [美]迈克尔·J. 布拉德利：《数学的诞生：古代—1300年)》，陈松译，上海：上海科学技术文献出版社，2008年，第14-15页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. 罗素：《西方哲学史》(上卷)，何兆武、李约瑟译，北京：商务印书馆，2018年，第41页。 [↑](#footnote-ref-43)
44. 赵林：《希腊神学思想与基督教的起源》，《学习与探索》，1993年第1期，第9页。 [↑](#footnote-ref-44)
45. 王琦：《波爱修斯的数学哲学思想》，《自然辩证法通讯》，2016年第3期，第63页。 [↑](#footnote-ref-45)
46. 黄秦安：《毕达哥拉斯—柏拉图的数学观念及其知识典范》，《陕西师范大学继续教育学报》，2007年第2期，第105页。 [↑](#footnote-ref-46)
47. 转引自[英]罗素：《西方哲学史》(上卷)，何兆武、李约瑟译，北京：商务印书馆，1997年，第58页。 [↑](#footnote-ref-47)
48. 桂起权：《物理学史上的毕达哥拉斯主义研究传统》，《洛阳师范学院学报》，2005年第4期，第8-12页。 [↑](#footnote-ref-48)
49. 在数理天文学传统中，谈的基本上都是“天球”。恒星与行星都镶嵌在天球上，随着天球的运转而转动。宇宙的和谐基本上是说，各个天球上的行星行为能够通过恰当的几何假设，借助于数、量的比例论，被表达成“匀速正圆”运动。根据科瓦雷的观点，“天体”这一概念出现很晚，是科学革命后的术语。 [↑](#footnote-ref-49)
50. [英]丹皮尔：《科学史及其与哲学和宗教的关系》，李珩译，北京：商务印书馆，1975年，第53页。 [↑](#footnote-ref-50)
51. 桂起权：《物理学史上的毕达哥拉斯主义研究传统》，《洛阳师范学院学报》，2005年第4期，第11页。 [↑](#footnote-ref-51)
52. 几何投影不同于投影几何。几何投影是指将地球椭球体面上的经纬网投影到辅助投影面上，再展开成地图平面的投影方法。而投影几何是现代数学的一门分支学科，主要是用正投影法来研究图示和图解空间几何的各种问题，其次是用轴测投影法来反映物体，使之富有立体感，作为帮助看图的辅助性样图。 [↑](#footnote-ref-52)
53. [美]卡约里：《物理学史》，戴念祖译，呼和浩特：内蒙古人民出版社，1981年，第317-318页。 [↑](#footnote-ref-53)
54. 桂起权：《物理学史上的毕达哥拉斯主义研究传统》，《洛阳师范学院学报》，2005年第4期，第10-11页。 [↑](#footnote-ref-54)
55. [美]韦斯科夫：《二十世纪物理学》，杨福家、汤家镛、施士元等译. 北京：科学出版社，1979年，第32页。 [↑](#footnote-ref-55)
56. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第386页。 [↑](#footnote-ref-56)
57. Goody J. The Domestication of the Savage Mind. Cambridge: Cambridge University Press, 1977: 76. [↑](#footnote-ref-57)
58. [美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第374页。 [↑](#footnote-ref-58)
59. 章雪富、陈玮：《希腊哲学的精神》，北京：商务印书馆，2016年，第23页。 [↑](#footnote-ref-59)
60. 刘兵、杨舰、戴吾三：《科学技术史二十一讲》，北京：清华大学出版社，2006年，第47页。 [↑](#footnote-ref-60)
61. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第38页。 [↑](#footnote-ref-61)
62. 根据吴国盛：《科学的历程》(第四版)，长沙：湖南科学技术出版社，2018年，第105图修改而成。 [↑](#footnote-ref-62)
63. Huggett N. Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy. Oxford: Oxford University Press, 2010: 8-19. [↑](#footnote-ref-63)
64. [德]黑格尔：《哲学史讲演录：第一卷》，贺麟、王太庆译，北京：商务印书馆，1997年，第288-289页。 [↑](#footnote-ref-64)
65. 马克思、恩格斯：《马克思恩格斯选集》(第三卷)，马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译，北京：人民出版社，1977年，第160页。 [↑](#footnote-ref-65)
66. 文兴吾：《芝诺运动悖论研究的演进》，《社会科学研究》，2018年第2期，第142页。 [↑](#footnote-ref-66)
67. [法]柏格森：《时间与自由意志》，吴士栋译，北京：商务印书馆，1958年，第74-76页。 [↑](#footnote-ref-67)
68. 杨河：《时间概念史研究》，北京：北京大学出版社，1998年，第169页。 [↑](#footnote-ref-68)
69. [法]柏格森：《时间与自由意志》，吴士栋译，北京：商务印书馆，1958年，第72页。 [↑](#footnote-ref-69)
70. [法]柏格森：《思想与行动》，邓刚、李成季译，上海：上海人民出版社，2015年，第145页。 [↑](#footnote-ref-70)
71. [英]罗素：《西方哲学史》(下卷)，何兆武、李约瑟译，北京：商务印书馆，2018年，第399页。 [↑](#footnote-ref-71)
72. [英]罗素：《西方哲学史》(下卷)，何兆武、李约瑟译，北京：商务印书馆，2018年，第395-396页。 [↑](#footnote-ref-72)
73. [英]罗素：《西方哲学史》(下卷)，马元德译，北京：商务印书馆，1988年，第365页。 [↑](#footnote-ref-73)
74. [法]莫里斯·梅洛-庞蒂：《知觉现象学》，姜志辉译，北京：商务印书馆，2001年，第346页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. [法]莫里斯·梅洛-庞蒂：《知觉现象学》，姜志辉译，北京：商务印书馆，2001年，第341页。 [↑](#footnote-ref-75)
76. [法]莫里斯·梅洛-庞蒂：《知觉现象学》，姜志辉译，北京：商务印书馆，2001年，第345页。 [↑](#footnote-ref-76)
77. [法]莫里斯·梅洛-庞蒂：《知觉现象学》，姜志辉译，北京：商务印书馆，2001年，第350页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. 阿塔兰忒：古希腊神话中的女英雄，是一位善于疾走的女猎手。 [↑](#footnote-ref-78)
79. Huggett N. Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy. Oxford: Oxford University Press, 2010: 22. [↑](#footnote-ref-79)
80. Huggett N. Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy. Oxford: Oxford University Press, 2010: 21-22. [↑](#footnote-ref-80)
81. 刘兵、杨舰、戴吾三：《科学技术史二十一讲》，北京：清华大学出版社，2006年，第48页。 [↑](#footnote-ref-81)
82. [美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第368页。 [↑](#footnote-ref-82)
83. [英]泰勒：《从开端到柏拉图》，韩东晖、聂敏里、冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2003年，第203页。 [↑](#footnote-ref-83)
84. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第43页。 [↑](#footnote-ref-84)
85. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第565-566页。 [↑](#footnote-ref-85)
86. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第574页。 [↑](#footnote-ref-86)
87. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第574页。 [↑](#footnote-ref-87)
88. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第575页。 [↑](#footnote-ref-88)
89. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第76-77页。 [↑](#footnote-ref-89)
90. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第575页。 [↑](#footnote-ref-90)
91. 肖显静：《古希腊自然哲学中的科学思想成份探究》，《科学技术与辩证法》，2008年第4期，第75页。 [↑](#footnote-ref-91)
92. [英]泰勒：《从开端到柏拉图》，韩东晖、聂敏里、冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2003年，第253页。 [↑](#footnote-ref-92)
93. 转引自[美]G. S. 基尔克、[美]J. E. 拉文、[美]M. 斯科菲尔德：《前苏格拉底哲学家：原文精选的批评史》，聂敏里译，上海：华东师范大学出版社，2014年，第649页。 [↑](#footnote-ref-93)
94. 有的用的是“漩涡”，有的是“旋涡”。两者虽然没有大的区别，但是“旋涡”一般指的是广义上的范畴，气、汽、水、风都可以使用，而“漩涡”是指一个狭义的范畴，单指水。 [↑](#footnote-ref-94)
95. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第32页。 [↑](#footnote-ref-95)
96. 转引自[美]雷·斯潘根贝格、黛安娜·莫泽：《科学的旅程》(插图版)，[郭奕玲](http://book.jd.com/writer/郭奕玲_1.html)、[陈蓉霞](http://book.jd.com/writer/陈蓉霞_1.html)、[沈慧君](http://book.jd.com/writer/沈慧君_1.html)译，北京：北京大学出版社，2008年，第223-224页。 [↑](#footnote-ref-96)