# 第 1 章 力学的发展

## 1.3 惯性定律的建立

惯性定律是牛顿力学的重要基石之一，从亚里士多德的自然哲学转变到牛顿的经典力学，最深刻的变化就在于建立了惯性定律。前者认为一切物体的运动都是由于其他物体的作用；而后者认为“每一个物体都会继续保持其静止或沿一直线作等速运动的状态，除非有力加于其上，迫使它改变这种状态。”这就是牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中，作为第一条公理提出的基本原理。

### 1.3.1 古代的认识

牛顿在他的手稿《惯性定律片断》中写道：“所有那些古人知道第一定律，他们归之于原子在虚空中直线运动，因为没有阻力，运动极快而永恒。”这里所谓的古人，可以追溯到古希腊时代，德漠克利特（Democritus，公元前 460—前 371）、伊壁鸠鲁（Epicurus，公元前 342一前 270）都有这样的看法。例如，伊壁鸠鲁就说过：“当原子在虚空里被带向前进而没有东西与它们碰撞时，它们一定以相等的速度运动。”应该指出，不论是古希腊的哲学家还是后来他们的信徒，都无法证实这条原理，只能看成是猜测或推想的结果。

亚里士多德则断言，物体只有在一个不断作用者的直接接触下，才能保持运动，一旦推动者停止作用，或两者脱离接触，物体就会停止下来。这种说法似乎与经验没有矛盾，但是显然经不起推敲。例如，对于抛射体的运动，亚里士多德解释说，之所以抛射体在出手后还会继续运动，是由于手或机械在作抛物动作中同时也使靠近物体的空气运动，而空气再带动物体运动。但是，在亚里士多德的思辨中，不可避免地会出现漏洞。人们要问，空气对物体的运动也会有阻力作用，为什么有的时候推力大于阻力，有的时候阻力又会大于推力？

尽管亚里士多德被奉为圣贤，他的学说在中世纪还是不断有人批驳，逐渐被新的见解取代。

### 1.3.2 中世纪的学说

公元 6 世纪希腊有一位学者对亚里士多德的运动学说持批判态度，他叫菲洛彭诺斯（J.Philoponus）。他认为抛体本身具有某种动力，推动物体前进，直到耗尽才趋于停止，这种看法后来发展为“冲力理论”。代表人物是英国牛津大学的威廉（William of Ockham，1300—1350），他认为，运动并不需要外来推力，一旦运动起来就要永远运动下去。他写道：“运动并不能完全与永恒的物体区分开，因为当可以用较少的实体时，就无需用更多的实体……。没有这一额外的东西，就可以对各种运动给予澄清。”例如，关于抛射体运动，他解释为：“当运动物体离开投掷者后，是物体靠自己运动，而不是被任何在它里面或与之有关的动力所推动，因为无法区分运动者和被推动者。”[[1]](#footnote-1)他举磁针吸铁为例，说明要使铁运动并不一定直接接触，并且还进一步设想，这种情况在真空中也能实现，可见亚里士多德认为真空不存在的说法是可疑的。

当然，威廉的说法并不等于惯性原理，但却是走向惯性原理的重要步骤。因为，如果运动不需要原因，一旦发生就要永远持续，亚里士多德的推动说就要从根本上受到动摇。

巴黎大学校长布里丹（F.Buridan，1300—1358）也是批判亚里士多德运动学说的先行者。他反对空气是抛射体运动的推动者，亚里士多德对抛射体的解释是：在抛射体的后面形成了虚空区域，由于自然界惧怕虚空，于是就有空气立即填补了这一虚空区域，因而形成了推力。布里丹反问道：“空气又是受什么东西的推动呢？”显然还有别的物体在起作用，这样一连串的推动根源何在呢？他又举出磨盘和陀螺为例，它们转动时无前后之分。两支标枪：一支两头尖，另一支一头尖一头钝，然而投掷时并不见得前者慢后者快。水手在船上，只感到迎面吹来的风，而不感到背后推动的风。这些都说明：“空气持续推动抛射体”的说法不符合事实。于是他提出“冲力理论”，认为：“推动者在推动一物体运动时，便对它施加某种冲力或某种动力。”

布里丹的工作有两个人继续进行，一位是萨克松尼（Saxony）的阿尔伯特（Albert，1316—1390），另一位是奥里斯姆（Nicholas Oresme，1320—1382），他是布里丹的学生。他们发展了冲力理论，阿尔伯特运用冲力来说明落体的加速运动，认为速度越大，冲力也越大，他写道：

“根据这个（理论）可以这样说，如果把地球钻通，一重物落入洞里，直趋地心，当落体的重心正处于地心时，物体将继续向前运动（越过地心），因为冲力并未耗尽。而当冲力耗尽后，物体将回落。于是将围绕地心振荡，直到冲力不再存在，才重又静止下来。”[[2]](#footnote-2)

请注意，阿尔伯特这个例子后来伽利略在《两大世界体系的对话》中也有讨论，可见布里丹、阿尔伯特、奥里斯姆等人的早期工作为伽利略和牛顿开辟了道路。不论是伽利略，还是牛顿，都在自己的著作中留下了冲力理论的烙印。

### 1.3.3 伽利略的研究

伽利略在自己的著作中多次提出类似于惯性原理的说法，例如在《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》（1632 年）中，他写道：

“只要斜面延伸下去，球将无限地继续运动，而且在不断加速，因为运动着的重物的本性就是这样。”

再请读他的作品中的另一段对话：

“萨：……如果没有引起球体减速的原因……你认为球体会继续运动到多远呢？

辛：只要平面不上升也不下降，平面多长，球体就运动多远。

萨：如果这样一个平面是无限的，那么，在这个平面上的运动同样是无限的了，也就是说，永恒的了。……”[[3]](#footnote-3)

在另一本著作《两门新科学》（1638 年）中，伽利略再次表述了惯性定律，他用图 1 – 16 中小球的运动来说明他的见解。假设沿斜面 AB 落下的物体，以 B 点得到的速度沿另一斜面 BC 向上运动，

图 1 – 16 伽利略关于斜面运动的插图

*D*

*C*

*A*

*E*

*B*

则物体不受 BC 倾斜的影响仍将达到和 A 点同样的高度，只是需要的时间不同而已。

但是，伽利略又同时认为，等速圆周运动也是一种惯性运动，并进而论证行星正是由于按圆周轨道作等速运动才能永恒地运转，而他的直线运动实际上只限于沿着水平面的运动，所以并没有全面地表述惯性定律。

### 1.3.4 笛卡儿的工作

伽利略的欠缺得到了笛卡儿（Rene Descartes，1596—1650）的弥补。1629 年，笛卡儿在给友人麦森（Mersenne）的信中声称：“我假设，运动一旦加于物体，就会永远保持下去，除非受到某种外来手段的破坏。换言之，某一物体在真空中开始运动，将永远运动并保持同一速度。”[[4]](#footnote-4)

1644 年，笛卡儿在《哲学原理》一书中明确地指出，除非物体受到外因的作用，物体将永远保持其静止或运动状态，并且还特地声明，惯性运动的物体永远不会使自己趋向曲线运动，而只保持在直线上运动，他表述成两条定律：

（一）每一单独的物质微粒将继续保持同一状态，直到与其他微粒相碰被迫改变这一状态为止；

（二）所有的运动，其本身都是沿直线的。

然而，笛卡儿也有不足之处，他完全是从哲学的角度考虑问题，把这一切都归因于“上帝”的安排。他在《哲学原理》中写道：

“在我看来，显然是上帝而不是别的什么，以其万能的威力创造物质时就赋予其各部分以运动或静止，也就是他，以后又按其惯常的方式将各部分初始的运动量和静止状态保存在宇宙之中。因为运动固然只是被推动的物质的一种状态，然而，总的看来却是一个永不增减的量；虽然某一部分的运动量会时多时少。”[[5]](#footnote-5)

值得一提的是，虽然笛卡儿把惯性归因于“上帝”的安排，但是后人如果把他的“上帝”解读为“自然规律”，就应该承认，他是最早完整地表达了惯性原理的科学先辈。

后面我们会介绍，真正明确提出惯性定律的是牛顿，而牛顿的认识也经过一番曲折，直到 1686 年撰写《自然哲学的数学原理》时，才完全摆脱旧观念的束缚，把惯性定律作为第一原理正式提了出来。

1. Franklin A．Am．J．Phys．，1976，44：537 [↑](#footnote-ref-1)
2. Franklin A．Am．J．Phys．，1976，44：539～540 [↑](#footnote-ref-2)
3. 伽利略．关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话．上海人民出版社，1974 [↑](#footnote-ref-3)
4. 伽利略．关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话．上海人民出版社，1974 [↑](#footnote-ref-4)
5. Dugas R．A History of Mechanics．Routledge &．Kegan Paul，1955．161 [↑](#footnote-ref-5)