

第一章

运动规律的基本原理

学习目标:

- 掌握牛顿运动定律,正确理解力的原理,能够在动画片中表现物体的重量及运动。
- 掌握弹性、惯性的运动规律。
- 掌握曲线运动的类型特征,并能灵活综合应用。

学习重点:

- 明确物体在运动状态中各元素(作用力、重力、摩擦力、空气阻力等)对其运动的影响。
- 能运用夸张变形的手法来表现物体的弹性与惯性运动。
- 掌握波形和曲线的运动特征,注意中间画的位置、形态,避免动作的呆板、机械。

一部成功的影片或动画片包括精彩的故事、吸引人的艺术特色、想象力丰富的人物表演。其中,生动而富有想象力的人物表演就是要根据剧情情境、影片风格,以及角色的造型结构、性格特点、情绪状况等因素做出不同的角色动作,所有的过程都是用角色的运动来表现的。不仅通过角色的造型、服饰、说话方式等表现动画角色的性格,还可以通过角色运动来刻画。也正是每个角色具有自己特有的动作,才使其拥有灵活、生动的表现力。在日常角色塑造中,对角色的动作、运动方式进行合理的夸张、归纳,总结出动画角色的运动规律。

制作动画时必须要了解各种物体如何运动,怎样去运动,即研究并掌握物体的运动规律,还要有丰富的时间掌握经验。我们知道,时间掌握在动画创作中似乎是不可捉摸的,但它却是影片成败的重要因素。运动是有规律可循的,但恰当的运动就需要经验。而时间对动画创作者来说是可塑的,既可压缩,也可延长。控制和处理时间关系在造成特殊效果和气氛方面有着无穷的魅力。本章就要通过大量的实例和精练的讲解,从一般运动规律和时间掌握,人物、动物运动规律和时间掌握,自然现象运动规律和时间掌握几个方面,说明如何掌握各种物体的运动规律。确定动画的间距、张数和画稿在银幕上持续多久才能获得最佳效果,这关系到影片的节奏、速度和情调,关系到观众的反应。

第一节 动画运动的基本概念

动画片中的活动形象不像其他影片那样用胶片直接拍摄客观物体的运动,而是通过对客观物体运动状态的观察、分析、研究,用动画片的表现手法,一张张地画出来,一格一格地拍出来,然后连续放映,使之在银幕上活动起

来的。因此,动画片表现物体的运动规律既要以客观物体的运动规律为基础,又有它自己的特点,而不是简单地模拟。研究动画片表现物体的运动规律,首先要弄清时间、空间、张数、速度的概念及彼此之间的相互关系,从而掌握规律,处理好动画片中动作的节奏。

一、时间、空间及速度的概念

运动是动画中最基本和最重要的部分,而运动中最重要的是节奏与时间。

时间控制是动作真实性的灵魂,过长或过短的动作会折损动画的真实性。除了动作的种类影响到时间的长短外,角色的个性刻画也需要时间控制来配合表演。量感是赋予角色生命力与说服力的关键,动作的节奏会影响量感,如果物体的动作(速度)和我们已有的视觉经验有出入,将会产生不协调的感觉。

在计算机动画的制作上,修改动作发生的时间是相当容易的一件事,透过各种控制方式能对关键帧(key frame)做相当精准的调整,而预览(preview)的功能比传统方式能够更快地观察出动画在时间上所发生的问题,所以要在动画片中表现物体的规律,首先要掌握时间、空间和速度的概念及其关系。

1. 时间

时间是指影片中物体在完成某一动作时所需的用时长度,也就是这一动作所占胶片的长度(片格的多少)。动作所需的时间长,其所占片格的数量就多;动作所需的时间短,其所占片格的数量就少。

由于动画片中的动作节奏比较快,镜头比较短(一部放映10分钟的动画片可分切出100~200个镜头),因此在计算一个镜头或一个动作的时间(长度)时,要求会更精确一些,除了以秒为单位外,还要以“格”(或“帧”)为单位(1秒包括24格)。动画片计算时间使用的工具是秒表。在想好动作后,自己一面做动作,一面用秒表测时间;也可以一个人做动作,另一个人测时间。对于有些无法做出的动作,如孙悟空在空中翻筋斗、雄鹰在高空翱翔或是大雪纷飞等,往往用手势做些比拟动作,同时用秒表测算时间;或根据自己的经验,用默算的办法确定这类动作所需的时间。对于有些自己不太熟悉的动作,也可以采取拍摄动作参考片的办法,把动作记录下来,然后计算这一动作在胶片上所占的长度(格数),再确定所需的时间。

运动时间决定了运动物体的速度、方式和质感。物体的运动并不是单一的,通常情况下都是交织出现的。由于在时间上处理的不同,能体现出物体不同的质感和量感。如手拿一个球从空中自由下落有以下三种情况。

(1) 轻飘飘地下落,这可能是气球。(见图1-1)

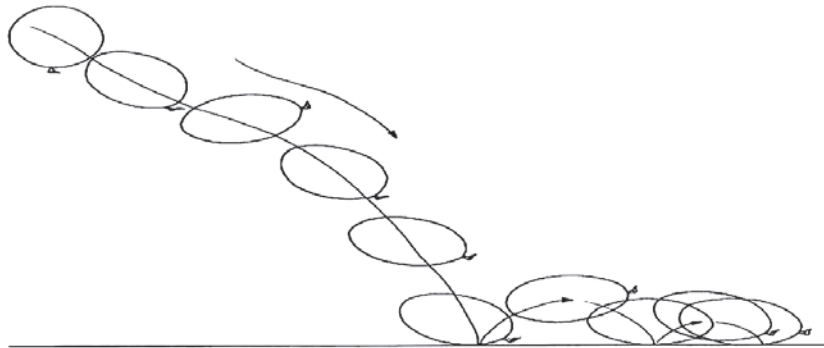


图 1-1 气球的飘动

(2) 有一定加速度,下落后又弹起,这可能是皮球。(见图1-2)

(3) 有很大的加速度,重重落地后一动不动,还砸了一个坑,这可能是铁球或铅球。(见图1-3)

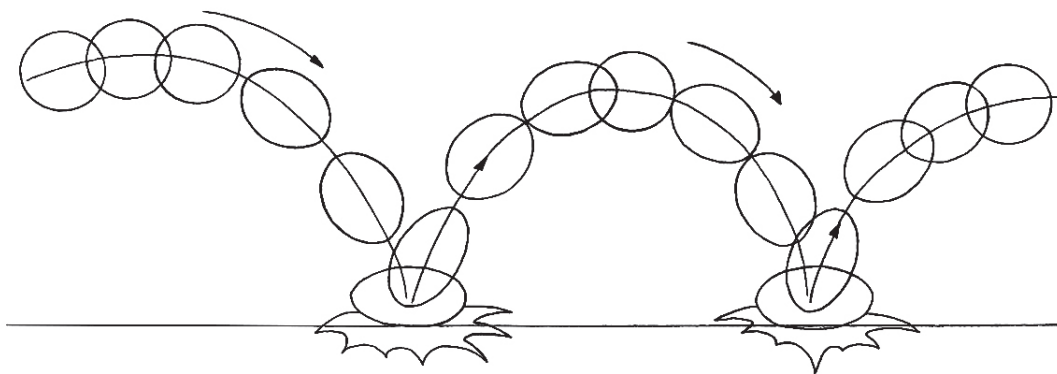


图 1-2 皮球的弹跳

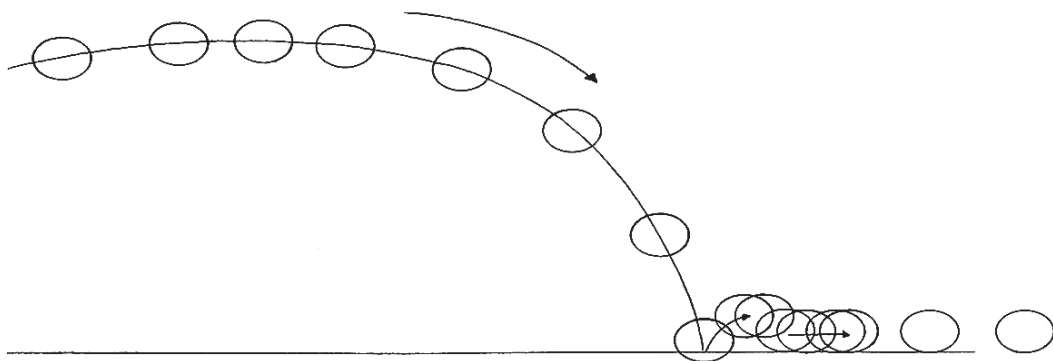


图 1-3 铅球的弹跳

从以上例子可以看出在动画片的制作中时间的重要性,因为不同的时间节奏可以表达出不同的质感和量感。

掌握动画时间唯一的准则是:经过动画检查,看是否达到了预期的效果,如果达到了就符合制作要求。我们研究动画的时间就是要对这个动作本身或促使物体运动的内因进行认真的分析,从而通过活动着的角色体现出内在的意志、情绪、本能等。比如要表现一个物体的运动,首先,要考虑地心引力;其次,要考虑对抗地心引力的自身动力;最后,分析产生这个动作的心理原因和主观动机因素。

动画设计人员在设计动作时,要想对时间理解得深、掌握得好,就必须不断地从实践中获得经验,因为这有别于演员的表演。演员不需要去体会支配他(她)的肌肉和四肢如何来克服地心引力的变化,只要把注意力集中在表演上就可以,而一个动画设计人员则需费更多的心思去思考自己所画的平面上的无重量形象如何能够以一种令观众信服的方式活动着,这就是对动画设计人员对时间的理解和掌握程度的考验。如手指动作的时间节奏的处理,动作起始慢,中间快,形成慢起慢停的节奏。(见图 1-4)

我们在实践中发现,完成同样的动作,动画片所占胶片的长度比故事片、纪录片要略短一些。例如,用胶片拍摄真人以正常速度走路,如果每步是 14 格,那么动画片往往只要拍 12 格就可以得到真人每步用 14 格的速度走路的效果;如果动画片也用 14 格,在银幕上就会感到比真人每步用 14 格走路的速度略慢一点,这是由于动画的单线平涂的造型比较简单的缘故。因此,当我们在确定动画片中某一动作所需的时间时,需要把我们用秒表测得的真人表演的时间或所拍摄的纪录片长度稍稍打一点折扣,才能获得预期的效果。

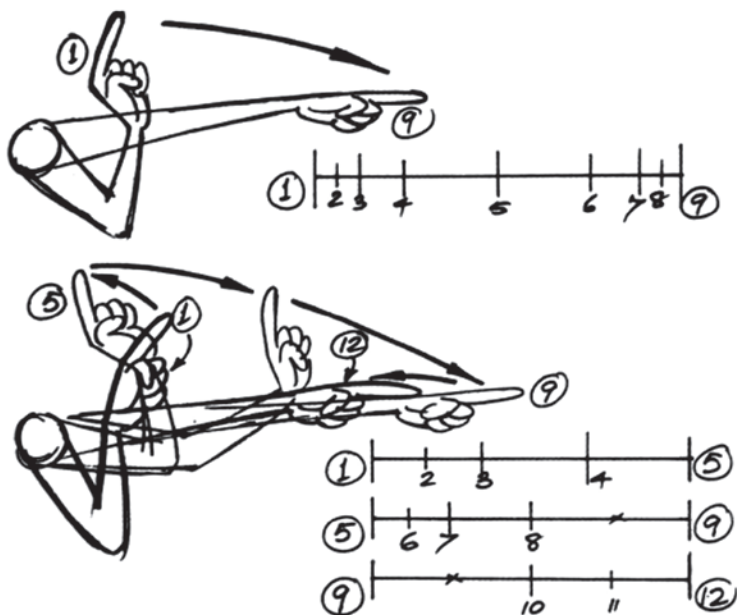


图 1-4 手指动作的时间节奏

2. 空间

空间可以理解为动画片中活动形象在画面上的活动范围和位置,但更主要的是指一个动作的幅度(即一个动作从开始到终止之间的距离),以及活动形象在每一张画面之间的距离。

在动画片制作过程中往往把动作的幅度处理得比真人动作的幅度要夸张一些,以取得更鲜明、更强烈的效果。此外,动画片中的活动形象做纵深运动时,可以与背景画面上通过透视表现出来的纵深距离不一致。例如,表现一个人从画面纵深处迎面跑来,由小到大,如果按照画面透视及背景与人物的比例,应该跑十步,那么在动画片中只要跑五六步就可以了,特别是在地平线比较低的情况下更是如此。

3. 速度

速度是指物体在运动过程中的快慢。按物理学的解释,是指路程与通过这段路程所用时间的比值。在通过相同的距离时,运动越快的物体所用的时间越短;运动越慢的物体所用的时间就越长。在动画片中,物体运动的速度越快,所拍摄的格数就越少;物体运动的速度越慢,所拍摄的格数就越多。

二、时间、距离、张数、速度之间的关系

由于动画片动作的速度与时间、距离、张数(动画从开始到结束所用的帧)三种因素有关,而这三种因素中,距离(即动作幅度)是最关键的。动作幅度往往是构成动作节奏的基础,如果关键动作的幅度安排得不好,即使通过时间和张数的适当处理,对动作的节奏起到了一定的调节作用,其结果还是不理想。

当然,我们不能因此而忽视时间和张数的作用,在关键动作幅度处理比较好的情况下,如果时间和张数安排不当,动作的节奏还是表现不出来,这会使人感到非常别扭,不过这种修改比较容易,只要增加中间画的张数或是调整摄影表上的拍摄格数就可以了。中间画的张数越多,物体运动的速度越慢;中间画的张数越少,物体运动的速度越快。即使在动作的时间长短相同、距离也相同的情况下,由于中间画的张数不一样,也能造成细微的、快慢不同的效果。

动画片动作的时间、距离、张数三种因素的不同关系不仅与速度有关系,而且直接影响动作节奏的变化。(见图 1-5)

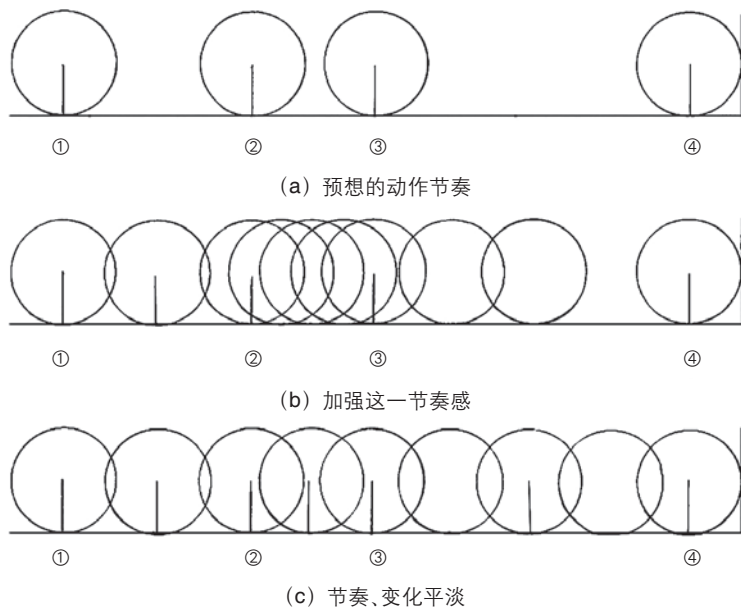


图 1-5 动作节奏图

现在我们分析一下时间、距离、张数三种因素与速度的关系。关于这个问题,初学者往往容易产生一种错觉:时间越长,距离越远,张数越多,速度就越慢;时间越短,距离越近,张数越少,速度就越快。但是,有时情况并非如此,现举例如下。

甲组:动画 24 张,每张拍 1 格,共 24 格(用时 1 秒),距离是乙组的两倍。

乙组:动画 12 张,每张拍 1 格,共 12 格(用时 0.5 秒),距离是甲组的一半。

虽然甲组的时间和张数都比乙组多一倍,但由于甲组的距离也比乙组加长了一倍。如果把甲组截去一半,就会发现与乙组的时间、距离和张数是完全相等的,所以两组动画的运动速度并没有快慢之别。

由此可见,当影响速度的三种因素都相应地增加或减少时,运动速度不变。只有将这三种因素中的一种因素或两种因素向相反的方向处理时,运动速度才会发生变化。现举例如下。

甲组:动画 12 张,每张拍 1 格,共 12 格(用时 0.5 秒),距离是乙组的两倍。

乙组:动画 12 张,每张拍 1 格,共 12 格(用时 0.5 秒),距离是甲组的一半。

甲组的距离是乙组的两倍,其速度也就相应地快一倍。由此可见,在时间和张数相同的情况下,距离越大,速度越快;距离越小,速度越慢。

需要说明的是,为了叙述方便,以上是以匀速运动为例,不仅总距离相等,而且每张动画之间的距离也相等。实际上,即使两组动画的运动总距离相等,如果每张动画之间的距离不一样(用加速度或减速度的方法处理),也会造成快慢不同的效果。

三、匀速、加速和减速

按照物理学的解释,如果在任何相等的时间内,质点所通过的路程都是相等的,那么质点的运动就是匀速运动;如果在任何相等的时间内,质点所通过的路程不都是相等的,那么质点的运动就是非匀速运动。

提示：在物理学的分析研究中,为了使问题简化,通常用一个点来代替一个物体,这个用来代替物体的点称为质点。

非匀速运动又分为加速运动和减速运动。速度由慢到快的运动称为加速运动;速度由快到慢的运动称为减速运动。

动画片中,在一个动作从始至终的过程中,如果运动物体在每一张画面之间的距离完全相等,称为平均速度(即匀速运动)。(见图 1-6)

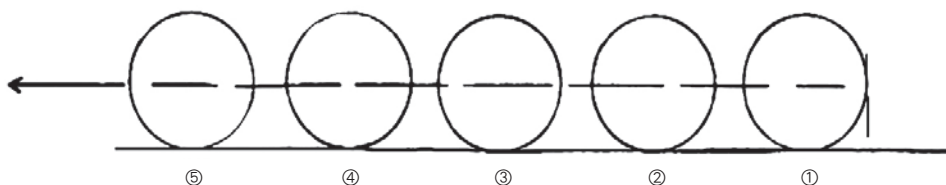


图 1-6 匀速运动

如果运动物体在每一张画面之间的距离是由小到大,那么拍出来在银幕上放映的效果将是由慢到快,称为加速度(即加速运动)。(见图 1-7)

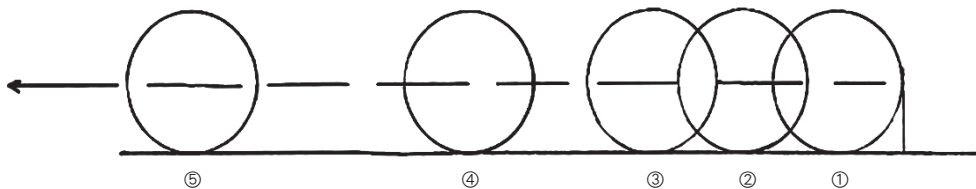


图 1-7 加速运动

如果运动物体在每一张画面之间的距离是由大到小,那么拍出来在银幕上放映的效果将是由快到慢,称为减速度(即减速运动)。(见图 1-8)

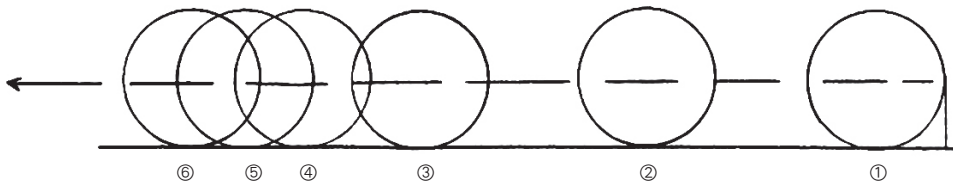


图 1-8 减速运动

上面讲到的是物体本身的“加速”或“减速”,实际上,物体在运动过程中除了内在动力的变化外,还会受到各种外力的影响,如地球引力、空气和水的阻力以及地面的摩擦力等,这些因素都会造成物体在运动过程中速度的变化。比如由于有地球引力,则表现物体重量感的自由下落的运动是加速运动。由于物体受到外力的作用,其开始的运动是加速运动。手拍案的动作说明动作是由慢到快地加速运动。(见图 1-9)

加速度还应用在力量的表现上,例如孙悟空出拳的动作,为了表现他出拳有力,动作过程就可采用加速度方法。凡是表现使用较大的力量来完成某一个动作,从动作的开始到动作的终止,应当采用逐渐加快速度的方法来处理。(见图 1-10)

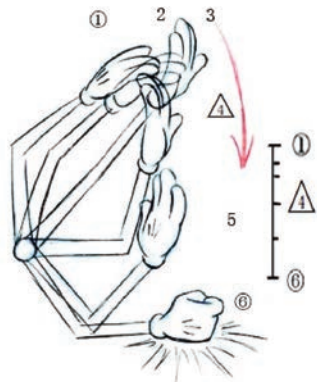


图 1-9 手拍案的加速度动作

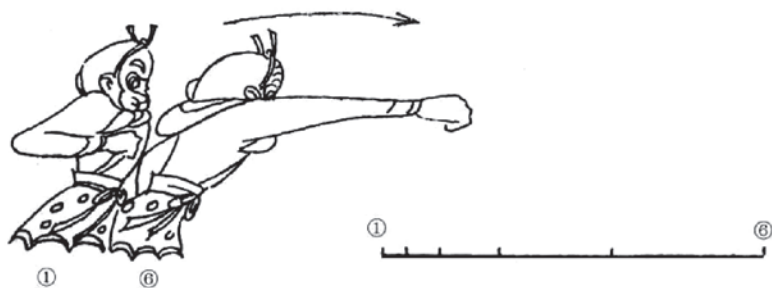


图 1-10 击拳的加速度动作

下面我们就用时间关系来表现物体的特性。

动画动作过程中,也经常会使用减速度的方法来表现运动物体的物理作用影响和动作力量的减弱。例如,用力向上抛出一件物体,由于受到地心引力及物体自身重量的影响,它的力就会渐渐减弱,直到消失,这属于减速运动。

运动着的物体突然受到外力的作用,其运动是减速运动。(见图 1-11)

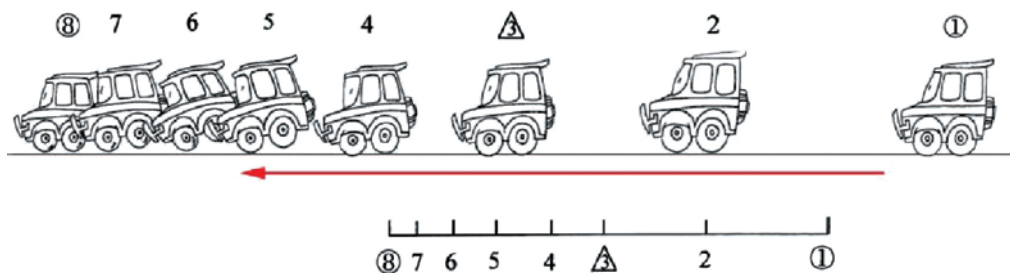


图 1-11 汽车停车的减速度动作

将动作的起始与结束放慢,加快中段动作的速度,放慢动作的起始与结束。我们知道肢体、对象等的移动并不是以匀速运动,而多半呈现为一个抛物线加(减)速度的运动形式。例如,荡秋千和钟摆的运动就是这种形式。(见图 1-12)

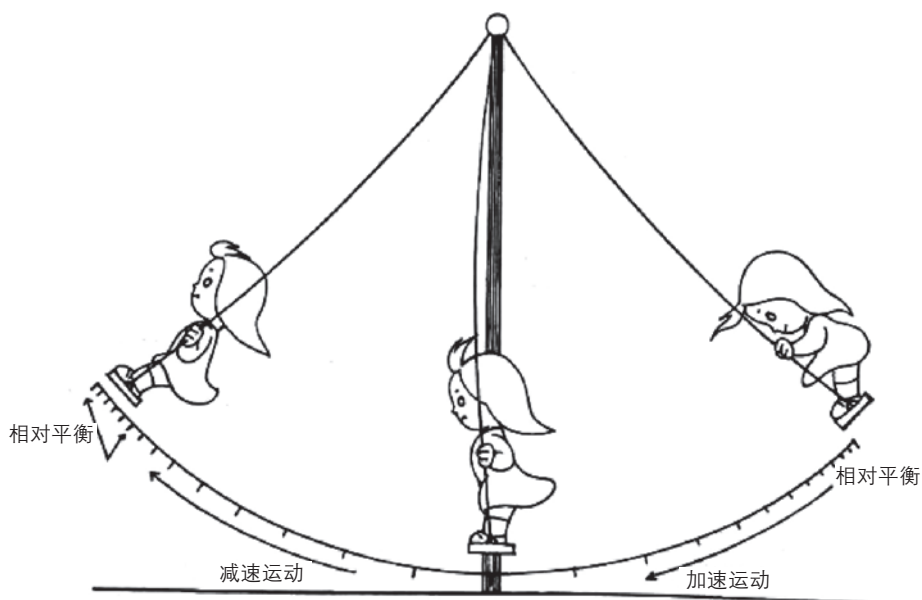


图 1-12 荡秋千的运动节奏

对于一个从静止状态开始移动的动作而言,需要以先慢后快的设定来完成。在动作结束之前,速度也要逐渐减缓,突然停止一个动作会带来突兀的感觉。每一个主要动作之间必须完整地填进足够的中间画面以使每一个动作都以平滑的感觉开始,并以平滑的感觉结束,而不至于产生跳格或是动作生硬的情形(反之亦然)。由以上的分析可知,动作的速度变化可以清楚地说明动作的种类、程度及带给观者的不同感受。

在动画片中,不仅要注意较长时间运动中的速度变化,还必须研究在极短的时间内运动速度的变化。例如,一个猛力击拳动作的运动过程可能只有6格,所用时间只有1/4秒,用眼睛很难看出在这一动作过程中速度有什么变化。但是,如果我们用胶片把它拍下来,通过逐格放映机放映,并用动画纸将这6格画面一张张地摹写下来并加以比较,就会发现它们之间的距离并不是相等的,往往开始时距离小、速度慢,后面的距离大、速度快。由于动画片是一张张地画出来,然后一格一格地拍出来的,因此我们必须观察、分析、研究物体运动过程中每一格画面(1/24秒)之间距离(即速度)的变化,掌握它的规律,根据剧情规定、影片风格,以及角色的年龄、性格、情绪等灵活运用,把运动规律作为动画片的一种重要表现手段。

四、节奏

动画节奏的把握对于动画的成功是至关重要的,整个影片的节奏是由剧情发展的快慢、蒙太奇各种手法的运用,以及动作的不同处理等多种因素造成的。一般来说,动画片的节奏比其他类型影片的节奏要快一些,动画片动作的节奏也要求比生活中动作的节奏夸张一些。

动作的节奏是为体现剧情和塑造角色服务的。节奏与音乐相似,都是随着时间变化而运动的,我们研究人物角色表演时的肢体语言、脸部表情运动等问题,如果没有与时间节奏的相互配合,是很难达到预期效果的。因此,我们在处理动作节奏时,不能脱离每个镜头的剧情和人物在特定情景下的特定动作要求,也不能脱离具体人物角色的身份和性格,同时还要考虑到电影的风格。

1. 不同的速度变化会产生不同的动作节奏

在日常生活中,一切物体的运动都是充满节奏感的。运动是具有快慢变化的,正是这种快慢呈现出了运动的节奏感。不同情景下的人物情绪,呈现出来的肢体语言、脸部表情的节奏就不同。如动画影片《大闹天宫》中的孙悟空这个角色在运动中节奏就比较分明。当孙悟空是一个石猴时,这个角色的运动规律是孩童式的轻手轻脚,这种动作节奏是儿童性的。当孙悟空进入天庭以后,这个角色的运动节奏又发生了极大的变化,孙悟空此时已经是“齐天大圣”,不再是一个小山头的猴王,为此它在行动上比较风风火火,也比较趾高气扬。

动作的节奏如果处理不当,就像讲话时该快的地方没有快,该慢的地方反而快了;该停顿的地方没有停,不该停的地方反而停了一样,让人感到别扭。因此,处理好角色动作的节奏,对于加强动画片的表现力是很重要的。

造成节奏感的主要因素是速度的变化,即快速、慢速和停顿的交替使用,不同的速度变化会产生不同的节奏感,例如:

- (1) 停止→慢速→快速,或快速→慢速→停止,这种渐快或渐慢的速度变化造成动作的节奏感比较柔和;
- (2) 快速→突然停止,或快速→突然停止→快速,这种突然性的速度变化造成动作的节奏感比较强烈;
- (3) 慢速→快速→突然停止,这种由慢渐快而又突然停止的速度变化可以产生一种“突然性”的节奏感。

由于动画片中动作的速度是由时间、距离、张数三种因素决定的,而这三种因素中,距离(即动作幅度)又是最关键的,因此,关键动作的动态和动作的幅度往往是构成动作节奏的基础。如果关键动作的动态和动作幅度安排得不好,即使通过时间和张数的适当处理对动作的节奏起了一些调节作用,其结果还是不会太理想,往往导致以后需做比较大的修改。

另外,我们不能忽视时间和张数的作用。在关键动作的动态和动作幅度处理得都比较好的情况下,如果时间和张数安排不当,动作的节奏不但表现不出来,甚至会使人感到非常别扭。不过这种修改较容易,可以通过增加或者减少动画中间的帧数来完成。

2. 编排摄影表控制动作节奏

在原动画的创作中,自始至终贯彻着动作节奏的快慢调整。运动的快慢感觉不仅通过动画张数和动作幅度来调整,还能通过摄影表直观地表现出来。一个有经验的原画师,总是边画边填摄影表,因为他知道动作幅度与摄影表格数之间的关系。两个耗时相同的动作,我们可以用比较大的动作幅度,按一拍二的方式来设计;也可以用比较小的动作幅度,按一拍一的方式来解决。其间的选择、取舍和运用,可以体现出原画师的专业能力。动画的运动是否生动、鲜活,是否契合角色特征,则来自于原画师掌控动作节奏的能力。

动作的节奏是为体现剧情和塑造角色形象等服务的,因此,我们在处理动作节奏时,不能脱离每个镜头的剧情和人物在特定情景下的特定动作要求,也不能脱离具体角色的身份和性格,同时还要考虑到电影的风格。总结起来,掌握了影响动画运动时间速度的各因素之间的关系,我们在创作中就要根据实际情况决定采用何种办法来调节、操控动画的时间节奏,要有效地把握运动的形态特征。

随着技术的演进,传统的动画规律必然面临着新的转化,但动作设计的基本规律是基础,这就是动画规律的价值。

第二节 动画与物质的特性

一、牛顿运动定律在动画中的应用

一个动画家经常问自己的主要问题是:“当一个力加于某物体上时,该物体将会怎样?”他的动画做得成功与否,在很大程度上取决于他回答这个问题是否正确。自然界所有的物体都有自己的质量、结构和不同程度的柔韧性,所以,当外力加于其上时,每种物体都有符合自己特性的反应,这种反应是位置与时间的组合,这就是动画的基础。

动画由图画组成,这些图画本身既没有质量,也没有任何力加于它们上面。在某些抽象的动画中,图画还可以被处理为活动的平面图案。为了使动作有真实感,动画家必须参照牛顿运动定律。牛顿运动定律包括很多方面,其中包含使角色、物体活动起来的一切必要知识。当然,不是从字面上去理解这些定律,而是从对物体运动的观察中去理解。例如,人人都知道物体不会从静止状态中突然开始动作,即使是炮弹,发射时速度也是逐渐加到最大。同样的,物体也不会从运动中突然静止,一辆汽车撞在水泥墙上,在最初的撞击后车仍然向前冲,随后墙才会快速倒塌,成为残骸。动画动作的精髓或核心不是物体质量的夸张,而是夸张质量的趋向和特性。

每一个物体都有质量,只有在受到外力时才开始运动,这是牛顿运动的第一定律。具体表现为:任何物体在没有受到外力作用时,都保持原有的运动状态不变。自然界的一切物体都是因为受到外力的作用才会产生运动。同时,物体在运动过程中,又会受到各种反作用力的影响和制约,使其运动的状态发生各种变化。

物体质量越大,移动它需要的力也越大。一个质量较大的物体比质量较小的物体有更大的惯性和动能。

一枚炮弹在静止时需要有很大的力去推动它。当炮弹发射时,炸药的力量作用于炮筒中的炮弹,炸药爆炸的力量很大,有足够的力量使炮弹达到相当高的速度。

在图 1-13 中,力使炮弹开始滚动并使之保持匀速运动,需要另一个力才能使之停止。假如遇到一个障碍物,炮弹或被阻止,或撞碎障碍,或继续前进,要取决于速度情况。假如在粗糙的表面上滚动,它会很快停止,但假如在光滑的表面上滚动,因摩擦力较小,要滚动相当长的时间才会停止。

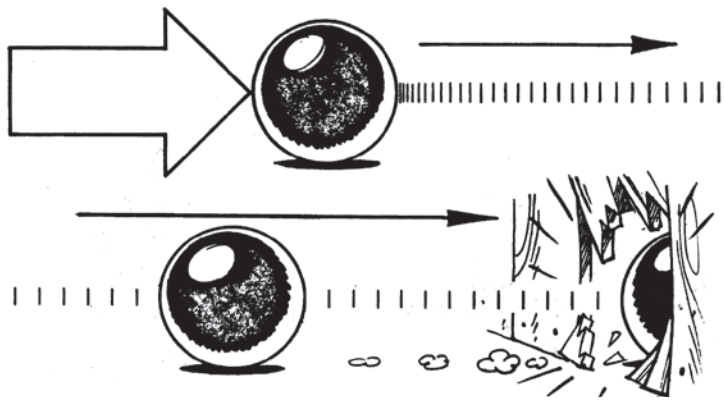


图 1-13 移动中的炮弹

因此,在动画片中要表现质量很大的物体时,动画导演必须用较多的时间来表现动作的开始、停止或改变方向,以使物体有令人信服的沉重感。动画设计人员的任务就是要画出有足够的力加在炮弹上,使它开始移动、停止或转换方向。

一个气球,只需要很小的力去移动它就能使之运动,但空气阻力会使它很快停止动作。(见图 1-14)

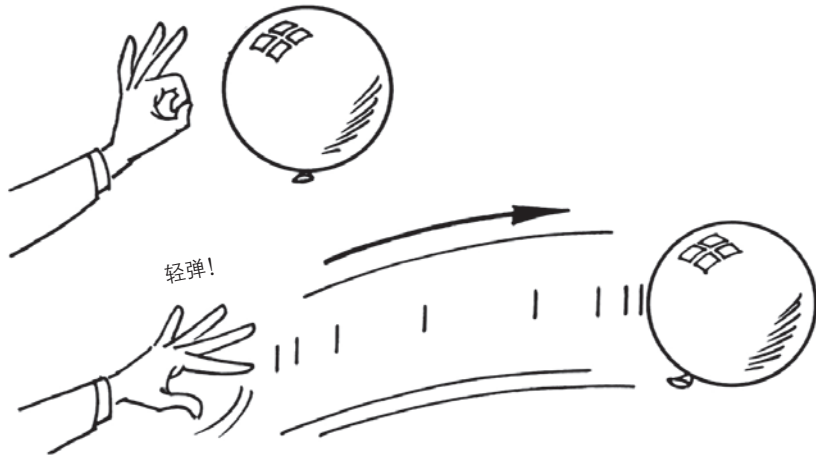


图 1-14 轻弹出去的气球

质量较小的物体阻力很小。如图 1-14 中,推动一个气球,只需手指轻轻一弹就已足够使它加速移动。当它移动时,因动能很小,摩擦力及空气阻力会使它很快减速,所以不会移动太远。

图 1-13 和图 1-14 这两个图例中都画出了运动的间隔距离,可以看出,如果要在银幕上表现出物体的质量感,完全取决于动画的间隔距离,而不在于动画造型本身,否则再漂亮、再逼真的动画也没有意义。

二、力学原理在动画中的应用

1. 动画力学的概念

学好动画运动规律,就一定要了解和掌握物理学中力的理论和规则。用动画的语言表现物体之间的力的关

系就是动画力学。

根据科学的理论,我们知道在宇宙中所有物体的运动都是由物体与物体的相互作用产生的,即作用与反作用的道理。而原画与运动规律的设计工作正是在纸上描绘物体的运动,所以了解物体之间的物理运动关系是我们做好原画与运动规律工作的一个前提。真实世界的力的关系要通过动画的处理才能在动画片中合理存在。

力学原理在动画片中的应用,实际上就是动画片根据力学原理,把作用力和反作用力、加速度、减速度等物理现象具体运用到动作设计中去,并且加以充分发挥,使画出来的动作产生特殊的效果,形成动画片动作本身的特性。

在动画制作的过程中要如何画才能正确、合理地反映物体的运动规律呢?要运用动画力学原理,把现实中的力夸张、强化,也可以利用时间所产生的距离感,进而强化动力的效果。例如,弹跳皮球的原画,在现实中我们看不清皮球落地时由于重力产生的变形,而在动画中,皮球落地这一张帧会被设计成一个压扁了的皮球,全部原画、动画完成后在连续播放时,我们会感觉到动画中皮球的弹力。(见图 1-15)

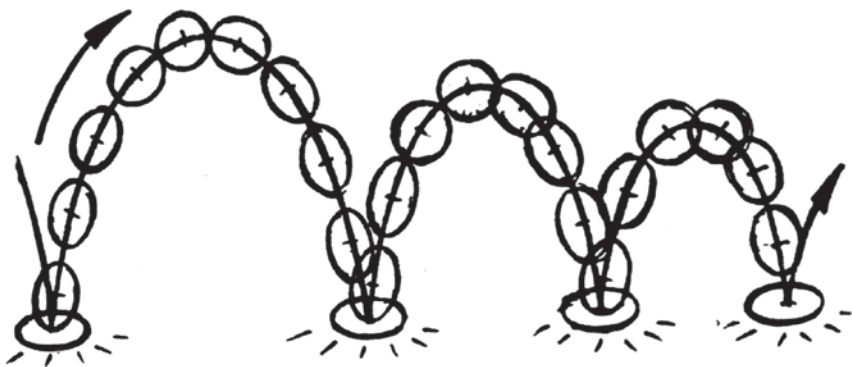


图 1-15 弹跳的皮球

2. 作用力与反作用力

在实际生活中,当一个物体受到力的作用,就会从静止状态开始产生运动,在运动过程中的物体又会受到阻力、引力、摩擦力等反作用力的影响,产生运动方式和运动速度上的改变。

例如,被人用力抛出去的皮球受到作用力支配,便会在空中朝前运动。但球在空中因为受到空气阻力(反作用力)的影响,皮球的前进动力就会减弱,速度就会减慢。当作用力逐渐消失,球体受到地心引力(反作用力)的制约,便呈抛物线运动方向落向地面。

又如空中的飞行物体,虽然不用考虑表面摩擦,但多了风和空气阻力的影响。进行动画创作时,我们要以普通的力学原理来大致估量出运动的距离和时间,以及运动过程中的速度。动画片是一种创造性的艺术,因此,打破或颠倒这些法则就可能成为一种常规。(见图 1-16)

在作用力、摩擦力、重力的作用下,一定质量的物体从起始位置移动到最终位置,各元素决定了它的速度,而速度体现在动画制作中就是距离和时间。距离是每格动画物体移动的位置差异,而时间则是最终的动画格数。

3. 摩擦力的作用

摩擦力的大小取决于物体的重力、接触面积和摩擦表面的光滑程度。重力越大,摩擦力就越大;摩擦表面越粗糙,摩擦力就越大;摩擦力越大,物体运动所受的阻力也就越大。人们滑冰的时候冰面比较光滑,摩擦力小,运

动速度相对变化平缓,可以用接近匀速运动来表现,但在转弯或者有起伏的地方滑冰,就要有加减速度的变化。刹车是强摩擦力的运动,是速度逐渐变小的减速运动。

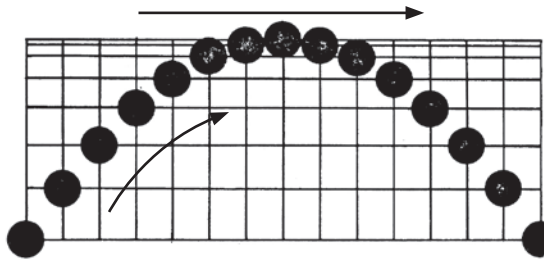


图 1-16 球向上抛出时运动轨迹呈抛物线

4. 物理现象与动画的特殊表现力

大家都知道视觉残留现象,在前一张画还没有离开我们的残像以前,紧接着,又看到了后一张画,那么在头脑里,尽管两张中间画里物体位置不同,而在想象中我们还是把它们连接为运动的一体了。同样,在表现掷向空中的球体下落这一物理现象时,尽管每张中间画中的球体都是圆形的,而一旦变成动画,却只能看到运动着的球体,根本无法辨出其一个个圆形来。橡皮球具有很强的弹力,用普通的每秒 24 格的摄影机拍摄是看不出球的变化。但是若使用快十倍的高速摄影机拍摄,球的每一次变化便一目了然了。球触及地面后,由于本身具有弹力而反弹起来,其变化是与落下时的动作完全相反的形式。尽管实际上用每秒 24 格拍摄出的胶片中看不出球的具体变化,但是在画动画时却应该强调这种个别的变化,否则看上去就不像球了。

同样,我们在画其他运动的物体时也应遵循同一原理,作画时有必要夸张各种在地球上发生的物理现象。长期工作中总结的物理分析法对于动画片的发展起到了推进作用,这是动画片的基础。

三、动画力学中弹性运动的应用

在动画运动规律学中不论是有生命的角色还是无生命的物体,它们的夸张性表现都是根据力学原理进行的动画艺术创作,主要有情节夸张、构思夸张、形态夸张、速度夸张,有情绪的夸张、时间的夸张、重力的夸张、行动的夸张和方向的夸张等。

物体在受到力的作用时,它的形态或体积会发生改变。在物体发生变形时,会产生弹力,当形变消失时,弹力也随之消失。我们把这种因为物体受到外力作用而产生变形的运动称为弹性运动。下面我们来探讨动画力学中弹性运动的运用。

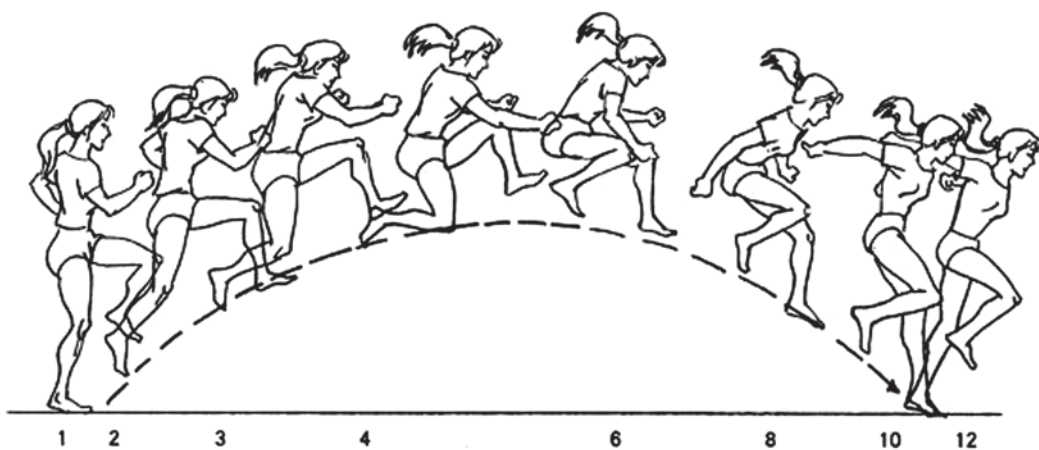
任何物体在受到外力的作用时都会发生“形变”,不发生形变的物体是不存在的。只是物体质地不同,所受到的外力的大小不同,因此形变也会不一样。

物理学已证明了任何物体都会发生弹性变形,动画片中可以根据剧情或影片的风格需要,运用夸张变形(压扁与拉长)的手法表现其弹性运动,关键在于何时用、用多少。(美国动画片中运用弹性运动较多)

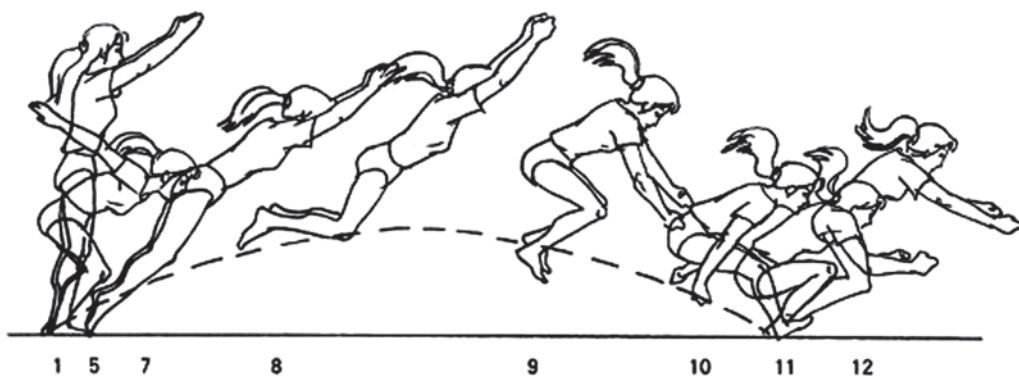
1. 动画的弹跳规律

弹跳一方面是指利用肌体或器械的弹力向上跳起的动作,比如,人具备弹跳的能力(跳远、跳高、跳绳都属于弹跳运动)。(见图 1-17)

弹跳另一方面是指弹起、跳动。比如,皮球因其充满气体及其本身的质感,所以从高处落下来着地后会有多次弹起的运动,我们称为皮球的弹起,这就是弹性运动。



(a) 单脚跨跳动作



(b) 双脚蹦跳动作

图 1-17 写实人物弹跳动作分解图

另外,速度、力向下并作用于地面时就产生了弹跳力。

在动画片中经常出现弹性运动,只因各种物体的材质不同,弹性的大小也不同。比如,皮球落在地面上,由于自身的重力与地面的反作用力,使皮球发生形变,产生弹力,因此,皮球就从地面上弹了起来。皮球运动到一定高度,由于地心引力的作用,皮球落回地面,再发生形变,又弹了起来。(见图 1-18)

在图 1-18 中,皮球沿着一条清晰的轨迹运动,并且皮球在上、下弹跳时的动作相似。

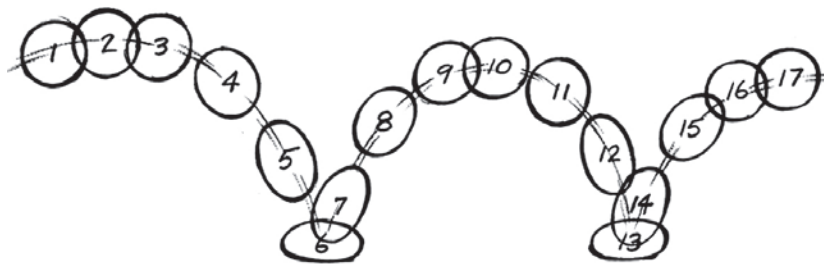


图 1-18 皮球弹性分解图

(1) 原画 4 和 5 之间,当皮球落下时,速度是增加的。在绘制这两张原画时,注意距离要尽量远一些。

(2) 原画 5、7、12、14 中,当球落下和上升时,球处于“拉长”状态。

(3) 原画 10 中球处于最高点时,运动会慢下来。绘制这张原画时距离要靠近一些,并且球会重新回到最自然且正常的形状。

(4) 原画 13 和 6 中,当球被撞击时,它会反冲并且被压扁。

弹性运动规律包含了以上几种运动的特征,同时要注意把握好速度与节奏。(见图 1-19)

我们把弹性运动规律运用在动物与人物等角色上的效果如图 1-20 和图 1-21 所示。

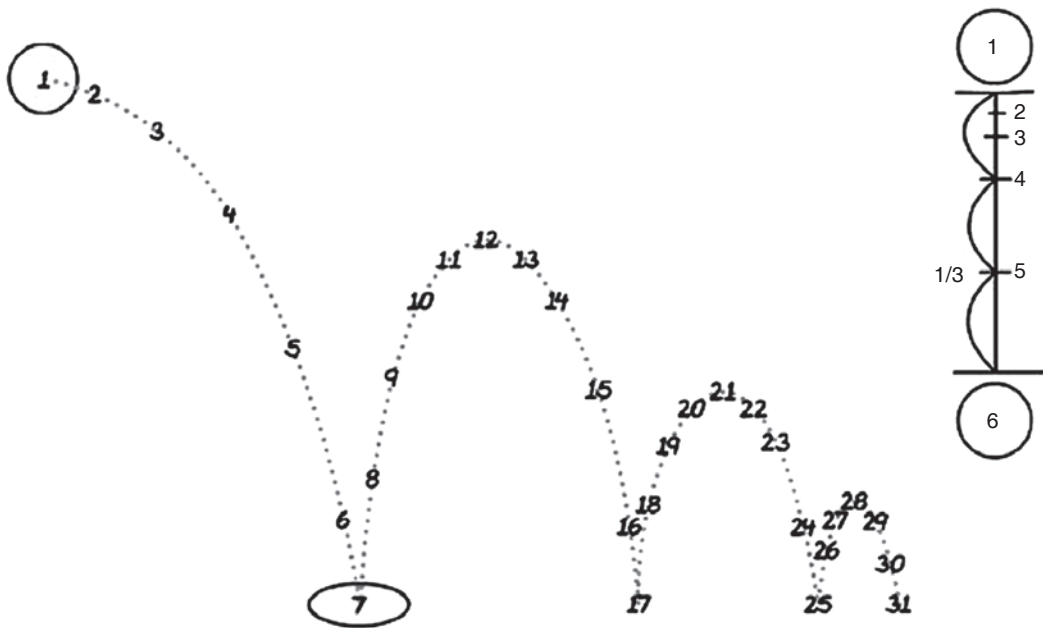


图 1-19 皮球弹性运动中原画的张数及运动节奏



图 1-20 青蛙弹性变形的运动变化过程



图 1-21 人物弹性变形的运动变化过程

2. 弹性形变中的细节完善

在皮球的弹跳运动中,我们可以把效果图画得更好,此时需要加入一个球被挤压前的地面接触图。(见图 1-22)

在图 1-22 中,在原有的基本球体弹跳运动过程中,为了使运动更富有活力和变化,又加入一个球刚刚碰到地面的接触原画,让前面一张画往前让开一些空间,之后再让球压扁,这样在原有的运动中就有了更多的细节变化,令整体动作更为生动与灵活。

下面以青蛙的例子来阐述同样的规律。在图 1-23 中,先让青蛙的一双前脚接触地面,然后再下蹲;当它再次起跳时,继续让它后面的双脚接触地面,然后起跳,这样会使它被赋予新的动作特点。

再比如,图 1-24 和图 1-25 演示了人落地及弹起时的运动状态。

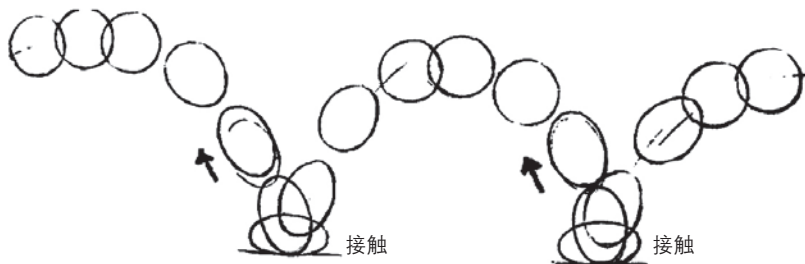
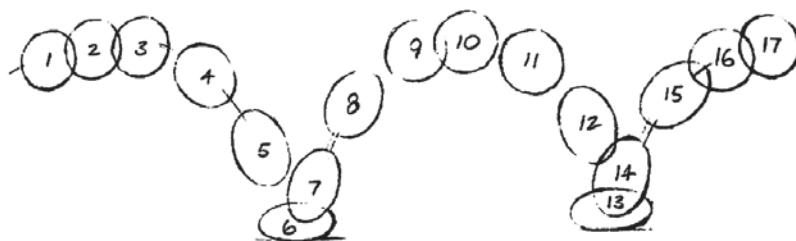


图 1-22 球的弹性运动

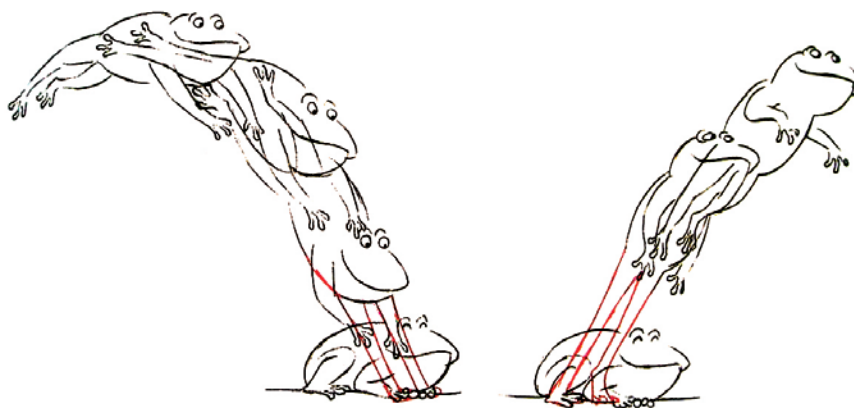


图 1-23 青蛙的弹性运动

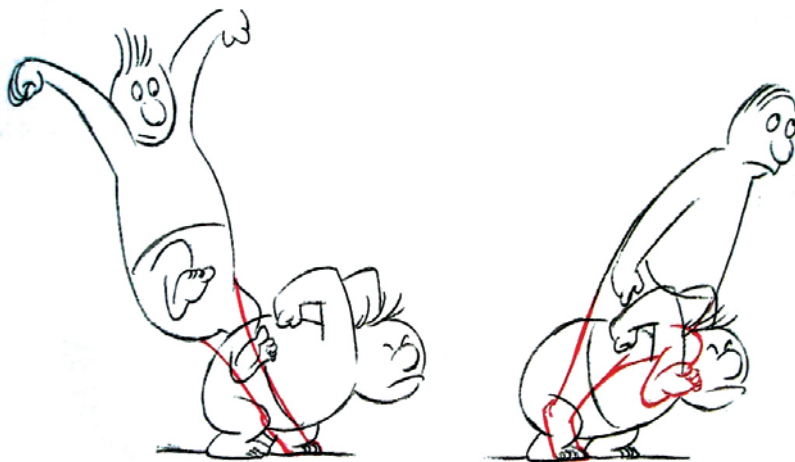


图 1-24 人落地及弹起时的运动状态 (1)

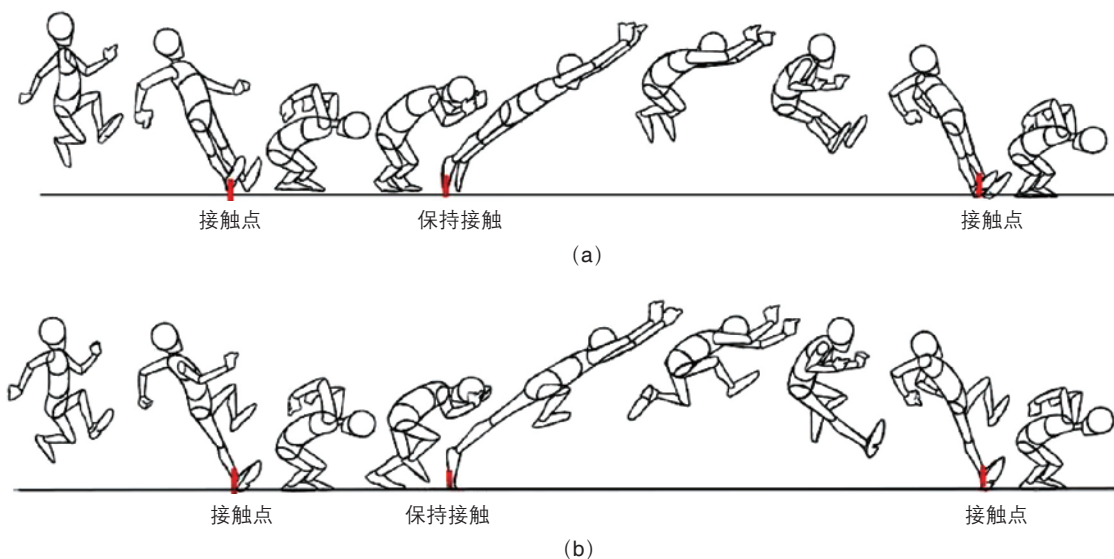


图 1-25 人落地及弹起时的运动状态 (2)

在图 1-25 中,图 (b) 把图 (a) 中动作的态势做了一些修改,改变了一些细节部分,在跳跃的大动作里加入更多的小动作,并进一步分解了动作,令整体动作更加生动、自然。

3. 弹性的夸张变形状态

变形是根据力学原理进行艺术夸张的一种手段。

既然物理学已经证明任何物体都会发生变形,那么在动画片中,对于变形不明显的物体,我们可以根据剧情或影片风格的需要,运用夸张变形的手法表现其弹性运动。

当然,弹性变形由于物体材质、重量和受力的大小不同,所产生的弹跳力及变形幅度也会有差异。有的物体变形比较明显,产生的弹力较大;有的物体变形不明显,产生的弹力较小,不容易被眼睛察觉。由于重量和材料的不同,物体与地面接触时的反应是不同的。一些物体,如木块、纸团、人或动物等也能产生弹性变形,因为这类物体的弹力小,变形幅度不是很明显。如果想让人产生弹性变形,就要对动作姿态进行变形夸张,并且掌握好动作的速度与节奏,这样才会使动作效果更加明显和强烈。

在图 1-26 中,由于重量和材质的不同,物体与地面接触时的反应也是不同的。



图 1-26 不同材质的物体产生的弹性变化

另外,当一个物体受到强烈的挤压时,它会向上反弹,但是如果它在终止动画时就停在落地点不动,看上去就会像冻住了一样。通常情况下,动画中的物体会逐渐地慢下来,它们一般不会突然地终止(除非试图达到一个突然凝固的效果)。

一般来说,一个物体在恢复它原来的形状过程中会反弹很多次。(见图 1-27)

在图 1-27 中,原画 1 手提箱下落,原画 2 强烈压缩,原画 3 大伸展,原画 4 小压缩,原画 5 小伸展恢复到原来状态。

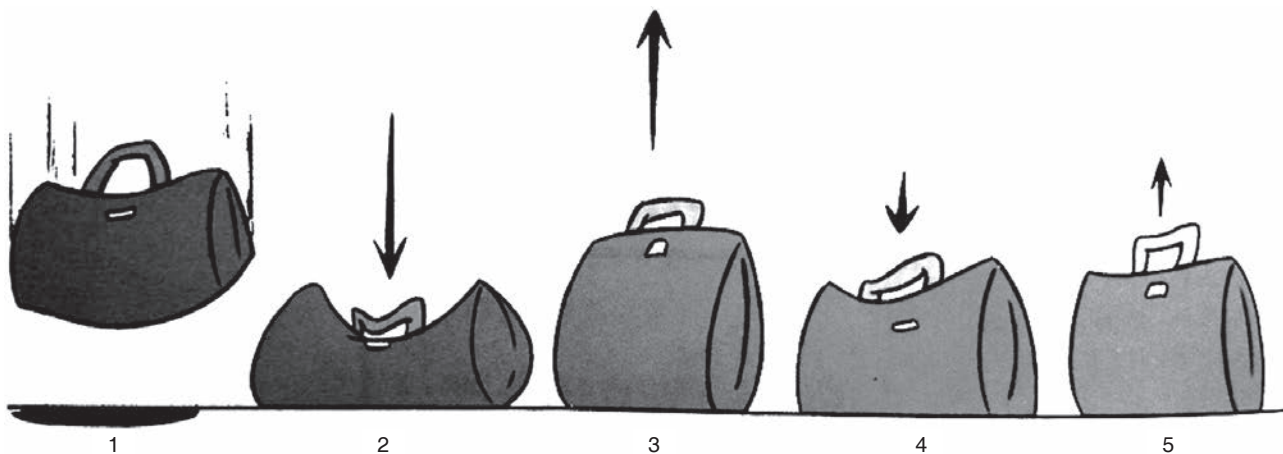


图 1-27 包落地后发生弹性变形

在图 1-28 中,原画 1 的大象在凳子上看书;原画 2 的凳子碎了,书被抛了起来,在书落下时大象开始伸展;原画 3 的大象开始在冲击中压缩;原画 4 的大象继续压缩;原画 5 的大象开始向上第一次反弹(伸展);原画 6 的大象继续伸展;原画 7 的大象向下反弹(小压缩);原画 8 的大象反弹回原来的位置。动作中要注意书与大象眼睛的从属动作。(见图 1-28)

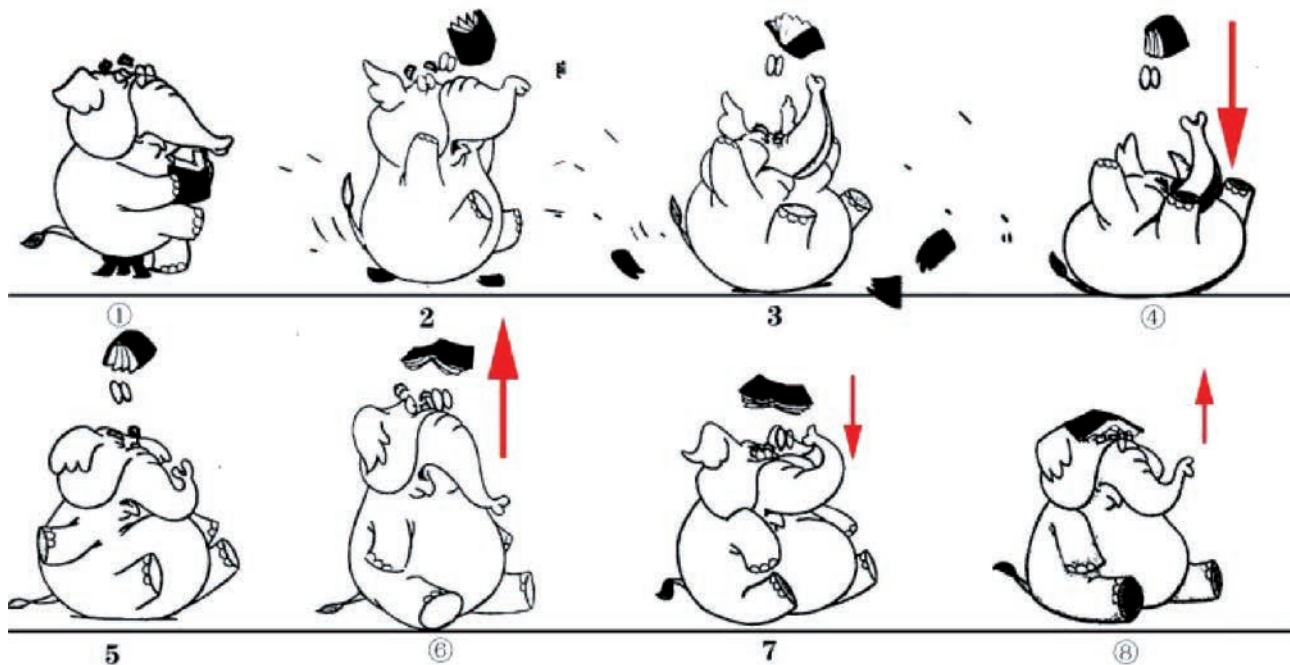


图 1-28 大象落地弹性变形

4. 弹性运动范例

下面分析一些弹性运动的范例。

在图 1-29 中,牛力大无比地撞击大树时,身体前倾,因用力过猛,整个身体发生了弹性变形,全身压扁蜷缩,跟随的尾巴也随之有自身的曲线运动。

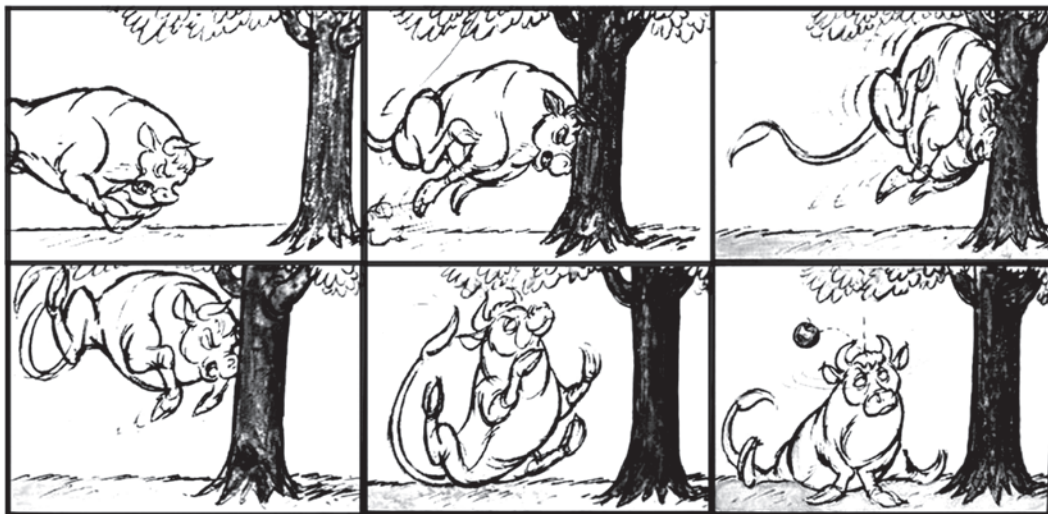


图 1-29 牛撞树时的弹性变形状态

在图 1-30 和图 1-31 中,人物动作柔软、生动,弹性极强。这里设计的动作幅度较为夸张,人物在预备起跳时,让我们看到了动画设计师丰富的想象力,动作形态绘制的夸张程度使弹性得以完美地呈现。

图 1-32 和图 1-33 中的卡通角色及人物的弹性运动也十分逼真、生动。



图 1-30 人落地时的压缩与拉伸运动



图 1-31 卡通人物的弹性运动

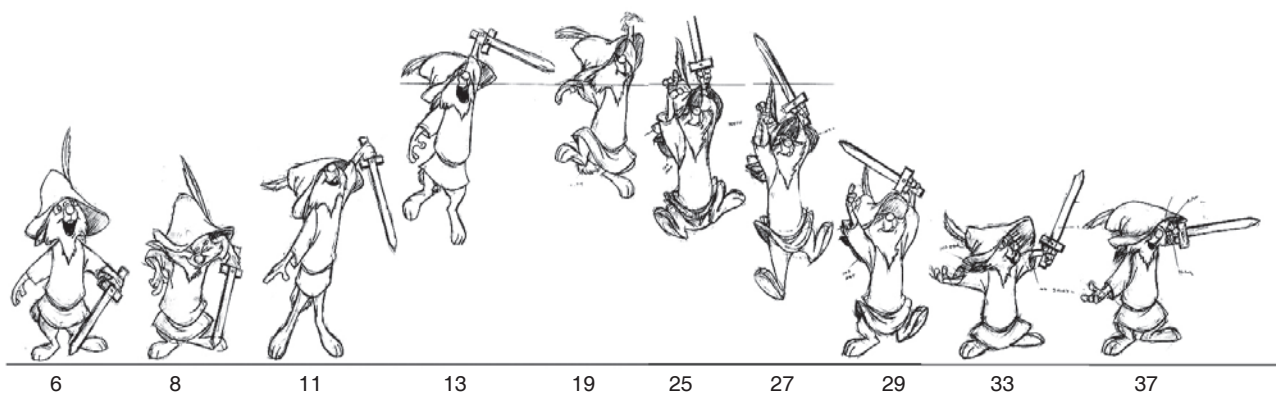


图 1-32 卡通角色的弹性运动

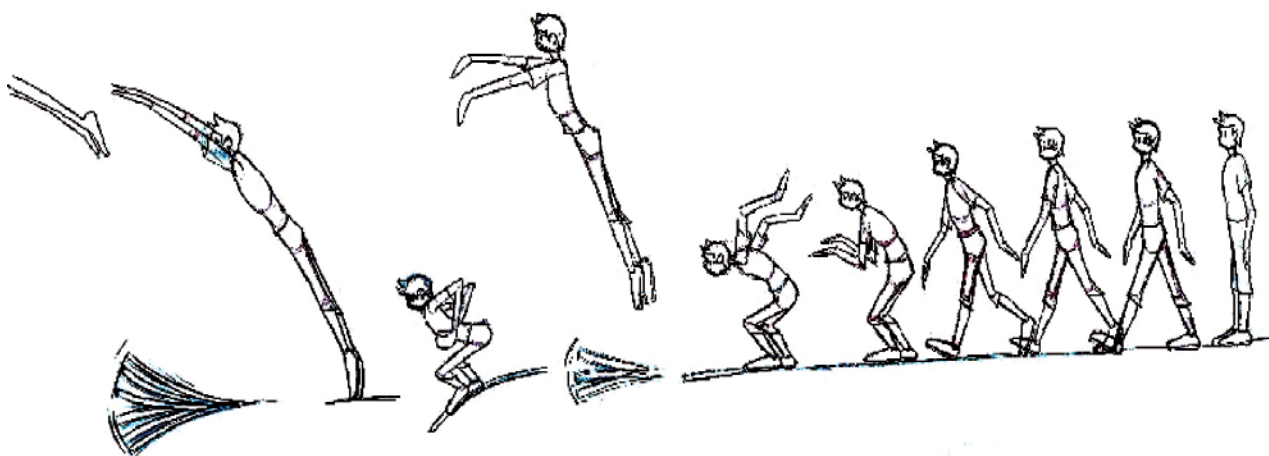


图 1-33 人物跳板的弹性动作

四、动画力学中惯性定律的应用

1. 惯性定律

人们在大量的生活和工作实践中经过概括认识到：如果一个物体不受任何外力作用，它将保持静止状态和匀速直线运动状态，这就是惯性定律。

由此可知，任何物体都具有一种企图保持它原来的静止状态或匀速直线运动状态的性质，这种性质就叫惯性，如前进中的木块。（见图 1-34）

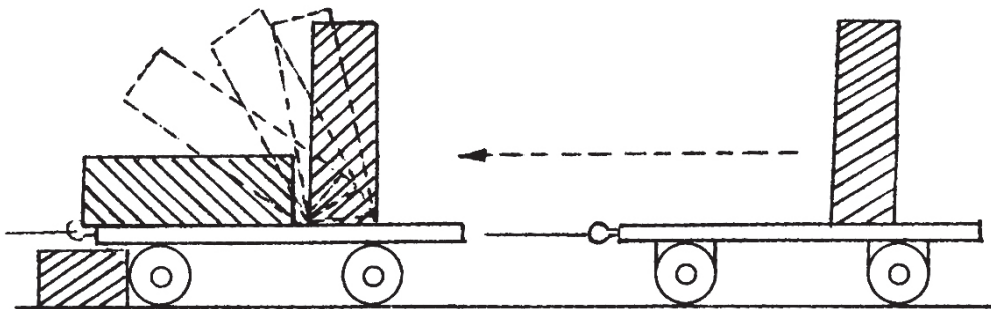


图 1-34 前进中的小木块

通过上面的实例我们可以看出：一个做匀速直线运动的木块直立在小车上，小车沿着桌面运动，当前进运动着的木块突然被阻而终止运动，由于木块的底部和车面之间有摩擦力，小车也随之停止。但上面的小木块由于惯性作用，还要保持原来的运动状态，所以木块倒向了前方。

惯性定律就是牛顿第一运动定律，是指一切物体在没有受到外力作用（或受到外力作用，但外力的合力为零）时，物体由于具有惯性，总保持静止状态或匀速直线运动状态的一种运动规律。它的实质揭示了力和运动的关系：力不是维持物体运动速度（状态）的原因，而是改变物体运动速度（状态）的原因。两者不是一回事，要注意区分。

2. 惯性的表现

(1) 一切物体都有惯性，在日常生活中，表现物体惯性的现象是经常可以遇到的。例如，站在汽车里的乘客，当汽车突然向前开动时，身体会向后倾倒，这是因为汽车已经开始前进，而乘客由于惯性还保持静止状态的原因；当行驶中的汽车突然停止时，乘客的身体会向前倾倒，这是由于汽车已经停止前进，而乘客由于惯性还保持原来速度前进的原因。

(2) 当物体受到力的作用时，看是否容易改变原来的运动状态。有的物体运动状态容易改变，有的则不容易改变。运动状态容易改变的物体，保持原来运动状态的能力小，我们说它的惯性小；运动状态不容易改变的物体，保持原来运动状态的能力大，我们说它的惯性大。

惯性的大小是由物体的质量决定的。物体的质量越大，它的惯性越大；物体的质量越小，它的惯性越小。

例如，一辆质量为 40 千克的大型平板车比一辆小汽车的质量要大得多，它的惯性也就比小汽车的惯性大得多，因此大型平板车起步很慢，小汽车起步很快；大型平板车的运动状态不容易改变，小汽车的运动状态则容易改变。