

高等院校「十三五」应用型艺术设计教育系列规划教材



动画运动规律

宗传玉 编著

DESIGNER

a creative business



合肥工业大学出版社

HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十三五”应用型艺术设计教育系列规划教材

动画运动规律

宗传玉 编著

合肥工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动画运动规律/宗传玉编著. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5650-3034-5

I. ①动… II. ①宗… III. ①动画—动画技法—高等学校—教材 IV. ①J218.7

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第254092号

动画运动规律

宗传玉 编著

责任编辑 王磊

出版 合肥工业大学出版社

版次 2017年1月第1版

地址 合肥市屯溪路193号

印次 2017年1月第1次印刷

邮编 230009

开本 889毫米×1194毫米 1/16

电话 艺术编辑部: 0551-62903120

印张 7.75

市场营销部: 0551-62903198

字数 260千字

网址 www.hfutpress.com.cn

印刷 安徽联众印刷有限公司

E-mail hfutpress@163.com

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3034-5

定价: 48.00元

如果有影响阅读的印装质量问题, 请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

动画是以逐帧的制作方式，利用时间和空间组合的原理来解决运动的视听艺术，学习动画运动规律就是学习怎样控制动画运动的知识，通过学习可以提高学生对动画语言的感知力和把握力，提高学生的动画制作水平，为将来的动画创作打下坚实的基础。

本书通过对动画运动原理、一般运动规律、人物和动物以及自然现象运动规律、动画实例实训等知识进行了系统的分析，每部分内容深入浅出地讲解了动画运动规律的相关知识，并结合大量有代表性的动画图例及动画片素材进行分析，全书图文并茂、通俗易懂、分析翔实，有助于读者理解动画运动规律的基本知识、动作原理，能够帮助读者提高动作设计能力，掌握基本的动作规律。

本书可供动漫、游戏、影视动画相关专业本、专科教学，也可用于动漫相关专业从业人员及动漫爱好者学习、参考使用。

本书由湖南工程职业技术学院动画专业副教授、高级工艺美术师宗传玉编著，作者具有丰富的教学和实践经验。

目 录

第一章 动画运动原理	001
第一节 “视觉暂留”原理	001
第二节 运动力学原理	002
第二章 一般运动规律	007
第一节 加、减速度	007
第二节 弹性运动	011
第三节 惯性运动	013
第四节 曲线运动	015
第五节 预备动作	022
第六节 缓冲动作	026
第七节 追随动作	028
第八节 循环动作	032
第三章 人物常规运动规律	034
第一节 人体结构及动态	034
第二节 人物的走路动作	037

第三节	人物的跑步动作	044
第四节	人物的跳跃动作	050
第四章	动物常规运动规律	054
第一节	四足动物运动规律	054
第二节	禽类运动规律	065
第三节	鱼类运动规律	074
第四节	两栖类与爬行类运动规律	078
第五节	昆虫类运动规律	081
第五章	自然现象的运动规律	084
第一节	风	084
第二节	火	088
第三节	雨	092
第四节	雪	094
第五节	水	095
第六节	烟	100
第七节	雷电	103
第八节	爆炸	105
第六章	动画实例实训	108
第一节	一般运动规律实训	108
第二节	人物动作规律实训	110
第三节	动物动作规律实训	112
第四节	自然现象动作规律实训	114

1

第一章 动画运动原理

动画是通过连续播放一系列画面，给视觉造成连续变化的影像感觉，其原理与电影、电视一样。作为动画创作者，在深入学习动画运动规律之前，必须先了解动画为什么能动以及动画运动的力学原理，虽然这是一个老套的命题，但是却是非常重要的。

第一节 “视觉暂留”原理

世界上著名的动画艺术家——英国人约翰·哈拉斯（John Halas）曾指出：“运动是动画的本质。”比如，当我们在电影院里看电影或在家里看电视时，会感到画面中人物和动物的运动是连续的，但是如果仔细看一段电影胶片，就会看到所有的画面并不是连续的，如图1-1所示。这是因为电影胶片通过一定的速率投影在银幕上才有了运动的视觉效果，这种现象可以由法国人皮特·罗杰特（Peter Roget）提出的视觉暂留（persistence of vision）的原理来解释。

视觉暂留是光对视网膜所产生的视觉在光停止作用后，仍保留一段时间的现象，其具体应用是电影的拍摄和放映。物体在快速运动时，当人眼所看到的影像消失后，人眼仍能继续保留其影像0.1~0.4秒左右的图像，这种现象被称为视觉暂留现象。视觉暂留现象首先被中国人运用，走马灯便是据历史记载中最早的视觉暂留运用，宋时已有走马灯，当时称“马骑灯”。随后法国人保罗·罗盖在1828年发明了留影盘，它是一个被绳子在两面穿过的圆盘，盘的一个面画了一只鸟，另一面画了一个空笼子，当圆盘旋转时，鸟在笼子里出现了，这证明了当眼睛看到一系列图像时，它一次保留一个图像。

约瑟夫·普拉泰奥（Joseph Plateau）曾发明了一个动画装置，运用的也是“视觉暂留”原理，如图1-2所示。这个设备装有一个手把，上面有一根细轴，轴的两端连着两个可以转动的轮盘。其中一个轮盘上面画着一圈小画面，每一个画面就是一帧，而另一个圆盘上对应地挖有细长的矩形孔，观者位于挖孔的圆盘一侧拨动圆盘，透过矩形孔进行观看，一次仅观察到一帧，且时间仅为几分之一秒。



图1-1 电影胶片

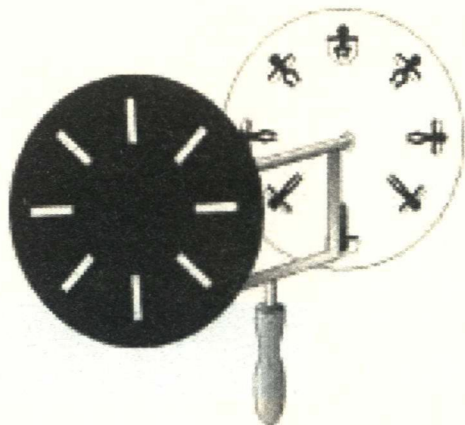


图1-2 约瑟夫·普拉泰奥的发明

第二节 运动力学原理

自然界的一切物体都是因为受到力的作用才产生运动的，物体在运动过程中又受反作用力的影响和制约使运动状态发生了变化。由于有力的存在，物体的运动不可能是简单的匀速运动，而是无时无刻不在进行力的转换。

和其他物体一样，人体的运动，是人使用力量所致，当人的神经系统支配肌肉收缩时便产生了作用力，人才能做出各种动作姿态。人在运动时，由于受空气阻力、地心引力等反作用力的影响，动作状态和速度就会发生变化。动画片就是根据力学原理，把作用力和反作用力运用到动画设计中并加以发挥，使画出来的动作更加生动、合理。

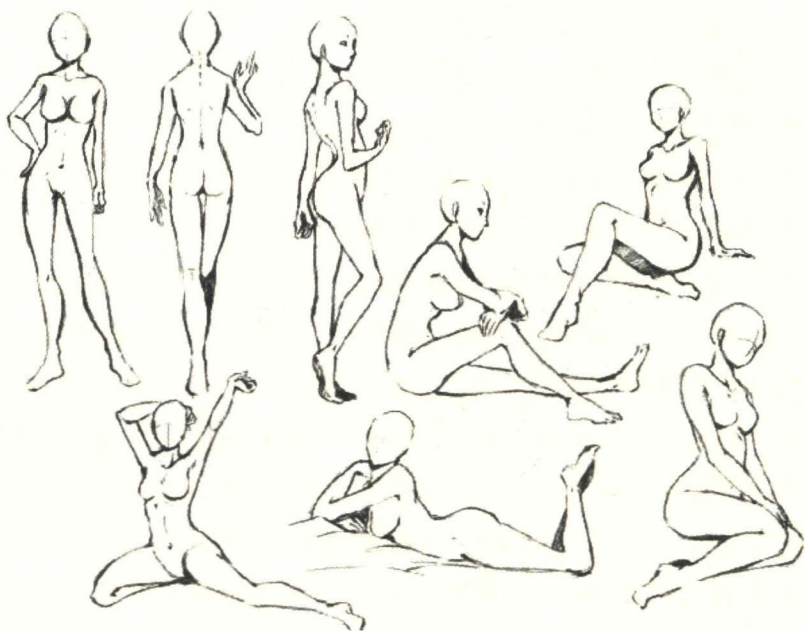


图1-3 人物动态

1. 力通过有关节的肢体的传送

在有角色、人物的动画中，力通常是通过活动的关节传送的。动画师往往把动物或者人体看作是一组相当活络的由许多部分连接在一起的一个整体。大腿由大腿骨通过球窝关节与髋部相连；而小腿在膝部有一个铰链式的关节；脚则由十分灵活的踝关节连接着，手臂也同样地连接于肩部。所以，假如一个对象的肩部被猛然向后拉动的话，只有在他的手臂被拉成与手的重心成一直线时，手才跟着移动。

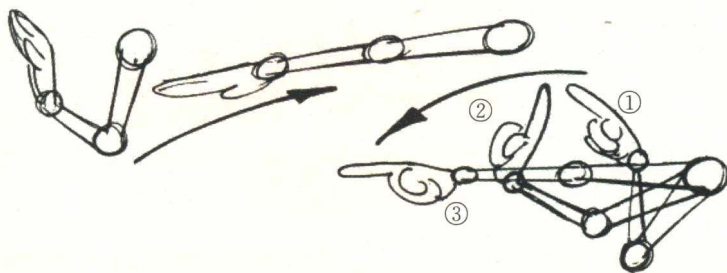


图1-4 人手臂的活动情况

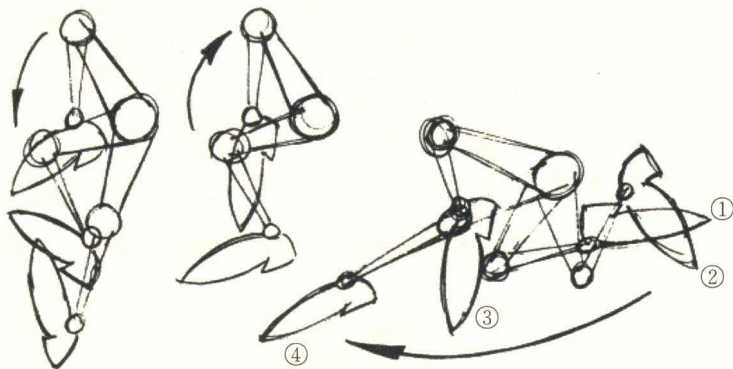


图1-5 人腿的活动情况（在脚放低、抬高或踢的动作中，注意踝部的活动情况）

设想有一根绳子缚住放在光滑平面上的木棒的一端，如图1-6(A)所示。如果从右边与木棒大致成直角方向拉动绳子会出现什么后果呢？首先是绳子被拉紧。很明显，绳子松的时候，木棒是不会移动的。木棒的重量好像集中于它的重心，在它的重心未与绳子成为直线之前，整根木棒不会朝绳子方向移动，而只是原地转动，直到它的纵轴和绳子成为一直线，才开始移动，如图1-6(B)所示。

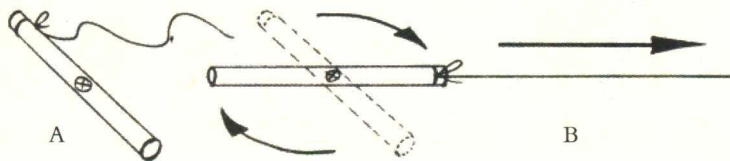


图1-6 力通过活动关节传送给一根木棒时木棒的连续动作

如果用另一根木棒代替绳子，通过活动的关节与第一根木棒连接，如图1-7(A)所示。当第二根木棒向右移动时，就会发生类似图1-6(B)所示的情况。如果第二根木棒(黑色)按照图1-8所示那样移动，而关节又是非常灵活的话，白色棒将类似图上所画的那样移动。假如移动的是白棒，那么，黑棒将和图1-8中的白棒一样动作。

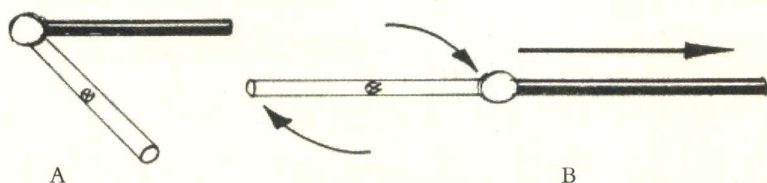


图1-7 力通过活动关节传递给一木棒时木棒的连续动作

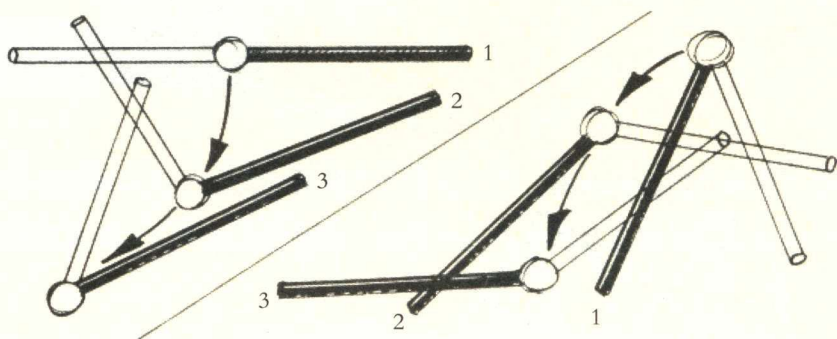


图1-8 力通过活动关节传递给一根木棒时木棒的连续动作

动画中这些动作的特点是：当第一木棒加速或改变方向时，随着动的木棒的连续图形将是一边转动一边互相交搭在一起。

如果有三根木棒用活动关节连接在一起，当较低的一根木棒很快来回摇动时，就可以明显地看到另两根木棒的动力所呈现的效果如图1-9所示。

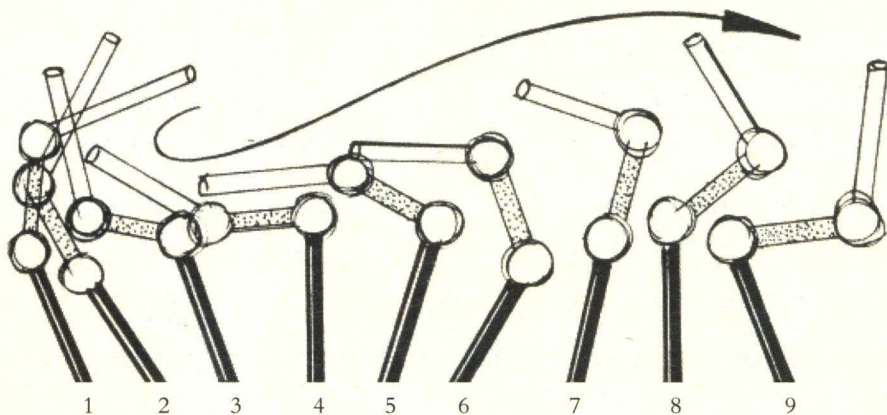


图1-9 用活动关节连接在一起的三根木棒的动作

人物肢体是由灵活活动的关节组成的，运动原理同木棒的运动是一样的，如图1-10所示。



图1-10 动画片《哆啦A梦》中力的传递

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，受到作用力的支配，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，皮球前进的动力就会减弱，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，如图1-11所示。

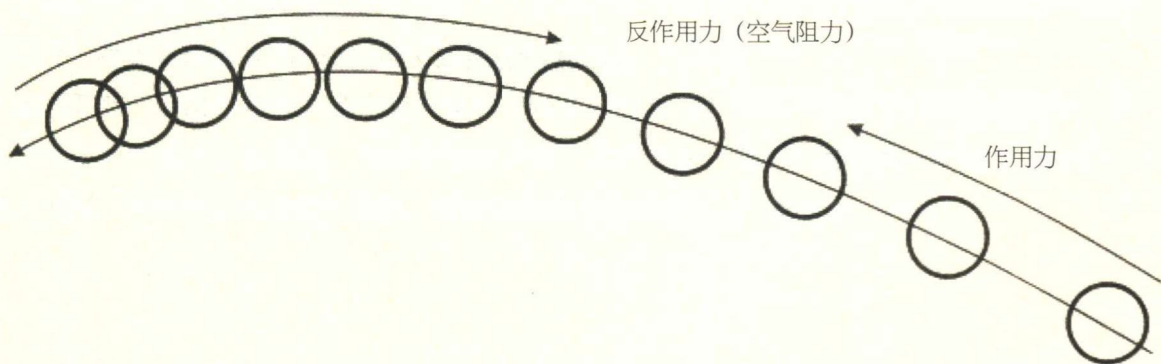


图1-11 抛出去的球的运动

表现球体从某一地点向另一地点移动，假如在粗糙的表面滚动，它会很快停止；如在光滑的表面滚动，因为摩擦力小，要滚动很长时间才会逐渐停止。但是如果表现作用力很大，那么，在粗糙表面运行的球就要反映克服阻力的滚动特点，这种克服阻力的滚动肯定要比在光滑表面的滚动在形态上要复杂得多，如图1-12所示。

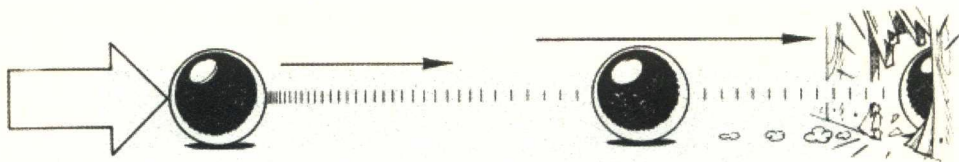


图1-12 球体的运动

一个很轻的气球的运动，因为质量轻，表面柔韧度强，移动时需要的力量小，当手指轻轻一弹已足够使它移动，因动力很小不能克服空气的摩擦力使它很快减速，并随气流而升浮。因此，质量很轻的形象很少产生惯性变形或加减速度。在荧幕上表现出物体的质感以及力的样式，完全取决于动画运动的形态，取决于对时间、距离与形状的把握。所有物体都有自己的质量、结构和不同的柔韧度，所以当力作用于物体时，每种物体都会发生符合自己特性的运动反应，这种反应在动画中表现为位置、时间与形状的组构，这也是动画的基本技能，如图1-13所示。

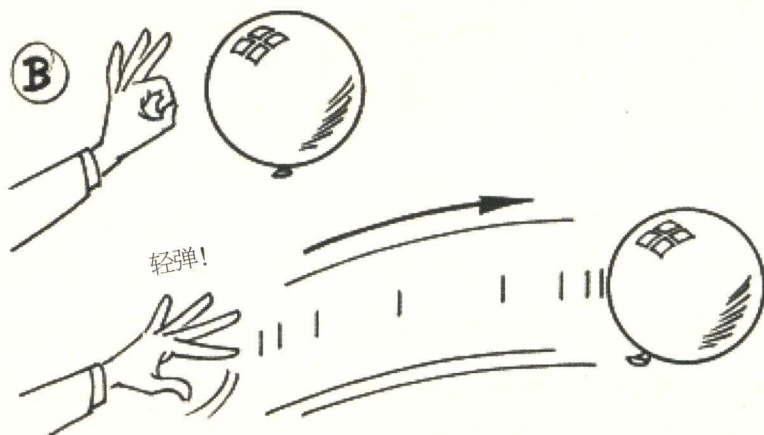


图1-13 很轻物体的运动

2

第二章 一般运动规律

事物的一般运动规律是从物体的运动中发现、理解、提炼和总结出来的，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，它们的夸张都是根据力学原理在动画者大脑中的反映。全面了解和掌握自然界物体运动最基本的运动规律，是设计和完成一套流畅动作最需要储备的专业知识。

第一节 加、减速度

速度，是指物体在运动过程中的快慢。运动物体是受力的支配，受力大的物体，它的运动速度就快；受力小的物体，运动速度就慢。另外在相同距离中，运动物体所占用的时间短，它的速度就快。相反，占用的时间长，速度就慢。在动画片中，是以一秒钟24格作为计算标准，物体运动速度快，占用的格数就少；物体运动速度慢，占用的格数相对就多。

应当了解，自然界各种力量在相互影响、消长的过程中，当某一种主要作用力在消失，另一种力又将起主要作用，其中一刹那间，各种力暂时平衡，然后又是一种力，替代前一种起主要作用，平衡是短暂的。例如：荡秋千以及钟摆的运动，就是这种现象的显著例证，如图2-1所示。

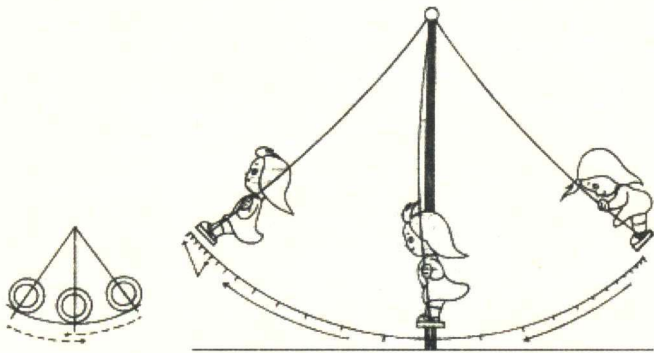


图2-1 荡秋千的运动

运动的状态能反映出力的样式，例如匀速变化反映出舒缓稳定的力；加速能反映出力量在变大；减速反映出力量在消失。动画很少呈现匀速的情况，运动要有节奏的变化才能更吸引观众，因为这种变化反映了力的增强与力的消减，而力的增强与消减能够令人慷慨激昂或悲伤忧愁。速度上的变化，在动画片中可以分为三种类型：表现一个动作，两张关键动态原画之间，中间画距离是完全相等的，拍摄格数也相同，这就是“平均速度”，也称为匀速运动。一个动作的两张关键动态原画之间，如果中间画的距离并不完全相等，而是由小到大地变化着，即速度是由慢到快，这就是“加速度”，也可称为加速运动。与此相反，两张关键动态原画之间，中间画的距离由大到小，即速度由快到慢，这就是“减速度”，也可称为减速运动。原画在处理动作加速度或减速度的特殊要求时，应在画面边上作出标记，作为加动画时的提示，如图2-2所示。

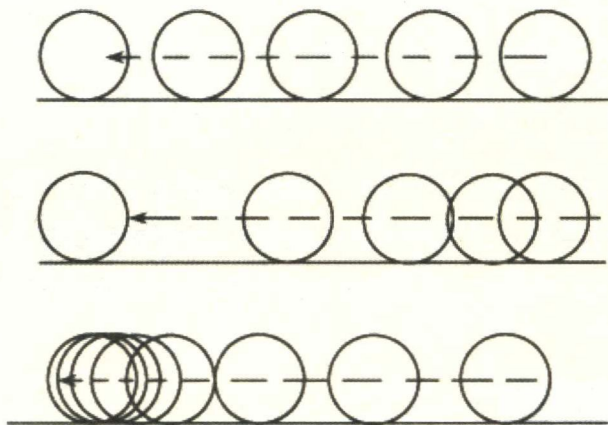


图2-2 匀速、加速、减速运动

1. 加速度

表现一个自由落体下落到地面，由于物体自身重量及地心引力的作用，就会产生加速运动。一个跳水运动员，从高台跳入游泳池中，他的动作就是加速运动。在动画片中，凡是表现使用力量较大的某些动作，强调力的突然增长，速度均为由慢到快。例如：人的突然起跳、用力出拳击打目标、举起斧头劈柴以及狮子猛扑猎物、兔子突然逃窜等等，都应运用加速度的处理方法，动作效果才会显得有力度，如图2-3、图2-4、图2-5所示。

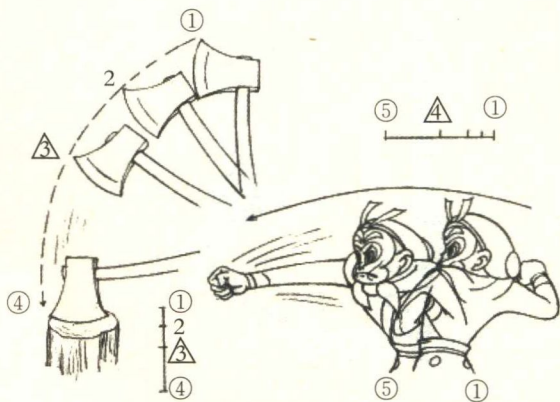


图2-3 加速度的表现（举起斧头劈柴及用力击打目标）

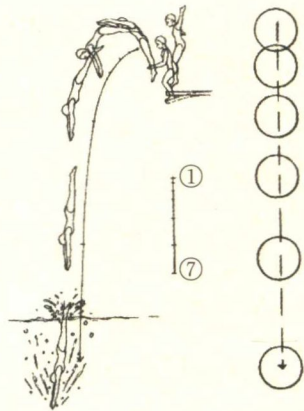


图2-4 加速运动的表现（运动员跳水）

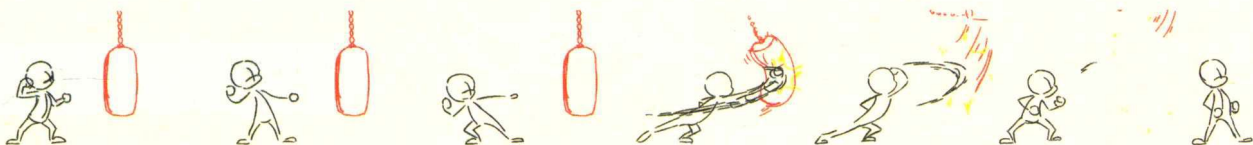


图2-5 加速运动——打沙袋

2. 减速度

一个球体被抛出之后，在地面上向前滚动，由于受到空气的阻力及地面摩擦力的影响，运动速度就会逐渐减慢，直到作用力消失而停止运动；用力向上抛出的帽子，由于自身的重量和地心引力的作用，运动速度便会逐渐减弱，这些就是减速运动，如图2-6、图2-7所示。

动画片中所表现的减速运动，常常运用于：一个强烈动作开始之前的积聚力量阶段，或者表现一个大的动作，在即将结束之时，力量渐渐减退到完全停止运动状态，以及一个人十分小心地用双手放下一件易碎物品时的动作，如图2-8所示。另外，在处理运动物体由近而远的透视变化，显示距离上差异所表现出速度上的变化等等，都应采用减速度的处理方法。

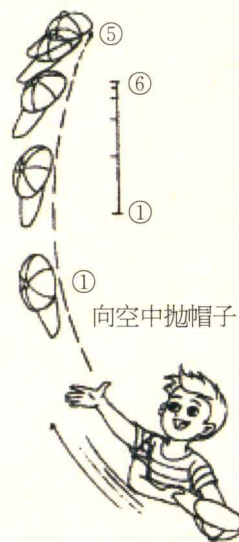
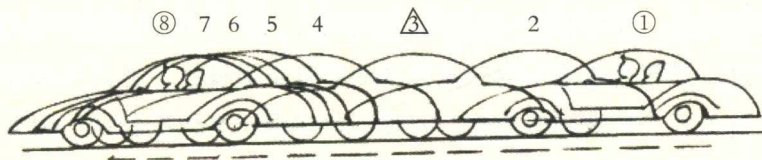
图2-6 减速度的表现
(用力向上抛出帽子)

图2-7 减速运动的表现

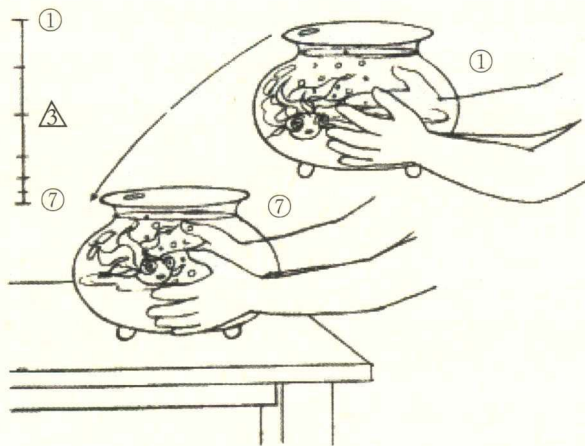


图2-8 减速运动的表现

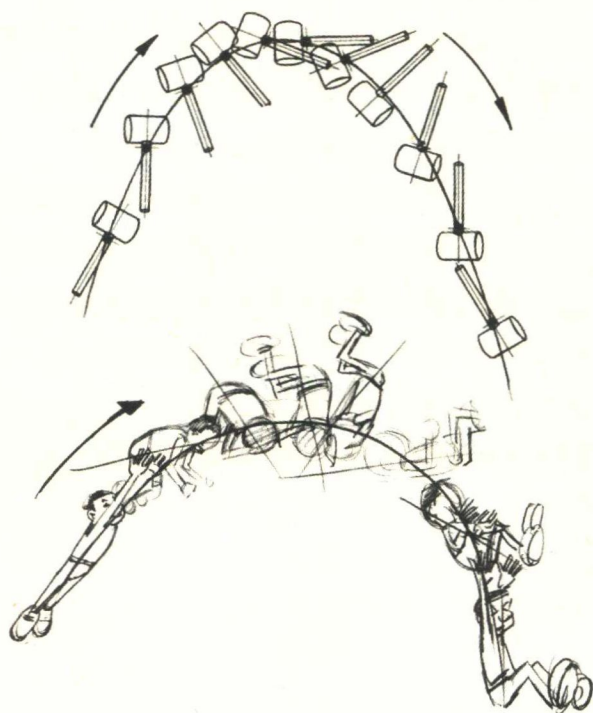


图2-9 加、减速度的表现

3. 柔和处理

原画在表现某些动作的中间过程速度时，经常会运用一种比较柔和的速度处理法。这种方法是一个动作过程在匀速运动的基础上，让动作在启动时和动作结束前的两端，略微放慢速度，以求达到动作进程比较柔和，不显生硬的效果。这种处理方法用得比较普遍，每一个动画者应该熟练掌握。

动作速度的柔和处理，是符合生活中的一些常规动作基本规律的，尤其是表现缓慢、柔和、随意等非强烈性的动作过程。例如：人的深呼吸动作，熟睡后打呼噜时身体的起伏；欣赏景色时举目四望的头部转动；随意地伸手取物等等比较舒缓的动作，都可以采用这种处理方法。具体做法是：如果是一个较快的动作，两张原画为1—7，中间需加5张动画，便可运用中间先加3张等分动画，然后再在靠近原画的两头再各加1张等分动画。表现一个稍慢的动作，如两张原画1—9之间需加7张动画，可以要求动画先加3张等分中间画，然后在靠近原画的两头，再各增加2张两次等分的动画。又如一个较慢的动作，两张原画是1—11，中间需加9张动画，便可先加7张等分中间画，然后在靠近原画的两头再各增加1张等分中间画，如图2-10所示。

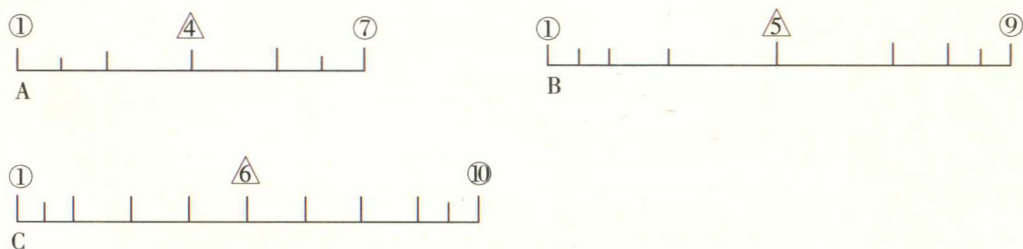


图2-10 速度的柔和处理

第二节 弹性运动

物体在受到力的作用时，形态或体积会发生改变，这种改变物理学称之为弹性。当作用力大于反作用力时就产生了弹性，物体在发生形变时会产生弹力，当形变消失时，弹力也随之消失，如图2-11所示。

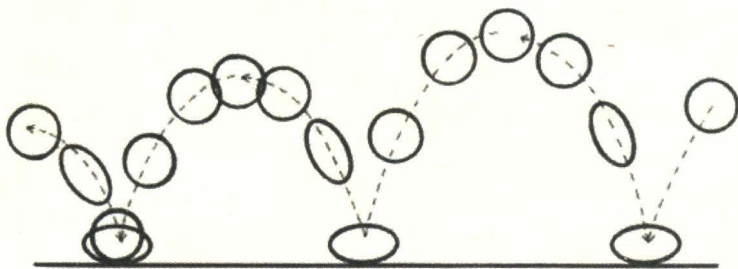


图2-11 球的弹跳与人的弹跳的相似性

皮球落到地面上，由于自身的重量与地面的反作用力影响，皮球发生变形产生弹力，于是，皮球就从地面上弹了起来。皮球运动到一定高度，变形逐渐消失，由于地心引力，皮球又落回地面，再发生“变形”弹起来，如图2-12、图2-13所示。

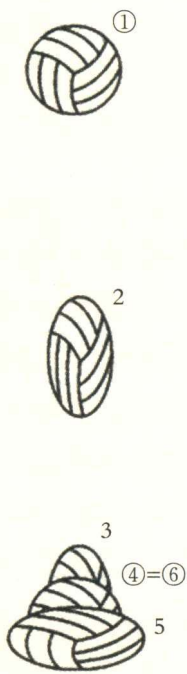


图2-12 落地的篮球

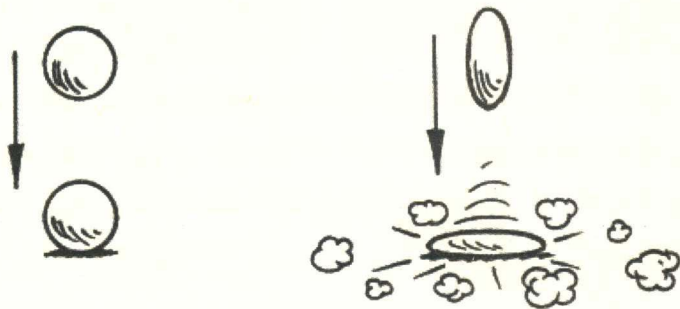


图2-13 现实中的动作和动画中的动作（发生弹性变形）

物理学的研究已经证明：任何物体在受到任意小的力的作用时，都会发生“变形”，不发生“变形”的物体是不存在的。物理学证明任何物体都会发生“变形”，因此在绘制动画片时，我们对于“变形”并