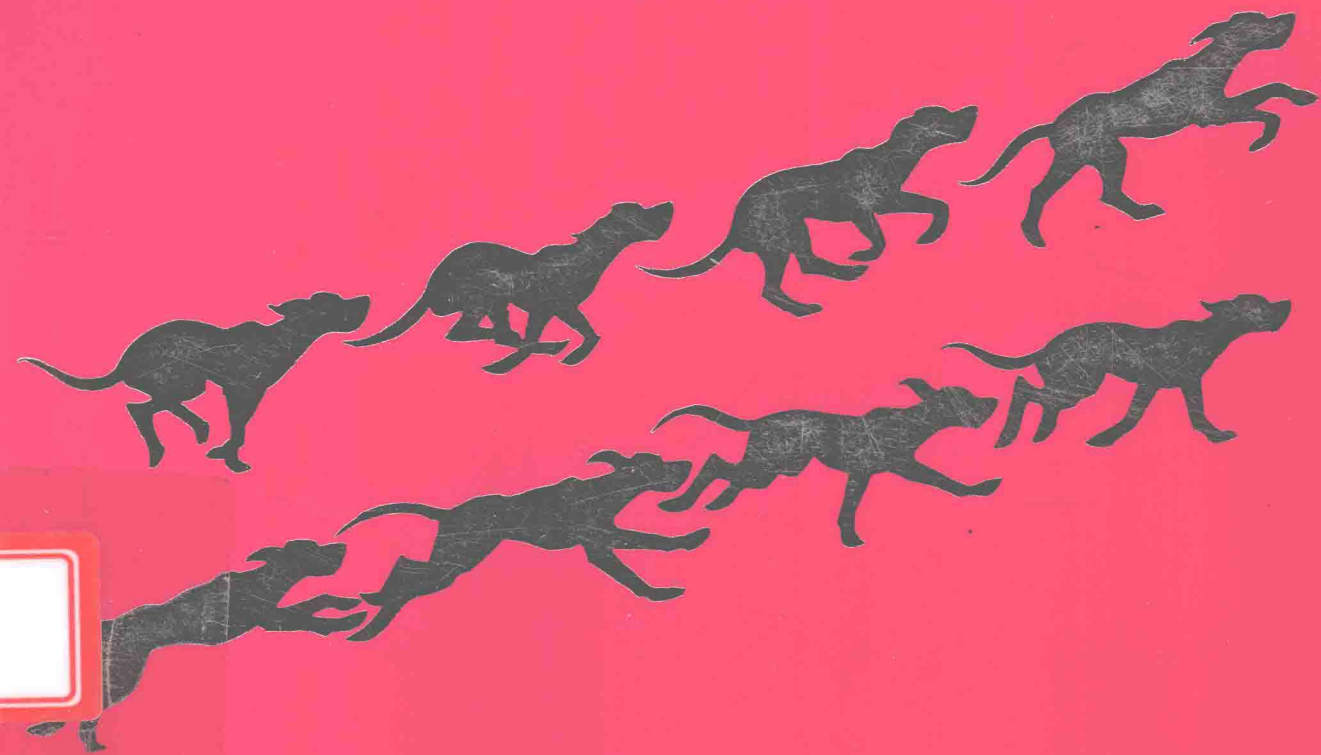


高等教育“十二五”全国规划教材  
高等院校动漫专业系列教材

# 动画运动规律

王亦飞 编著

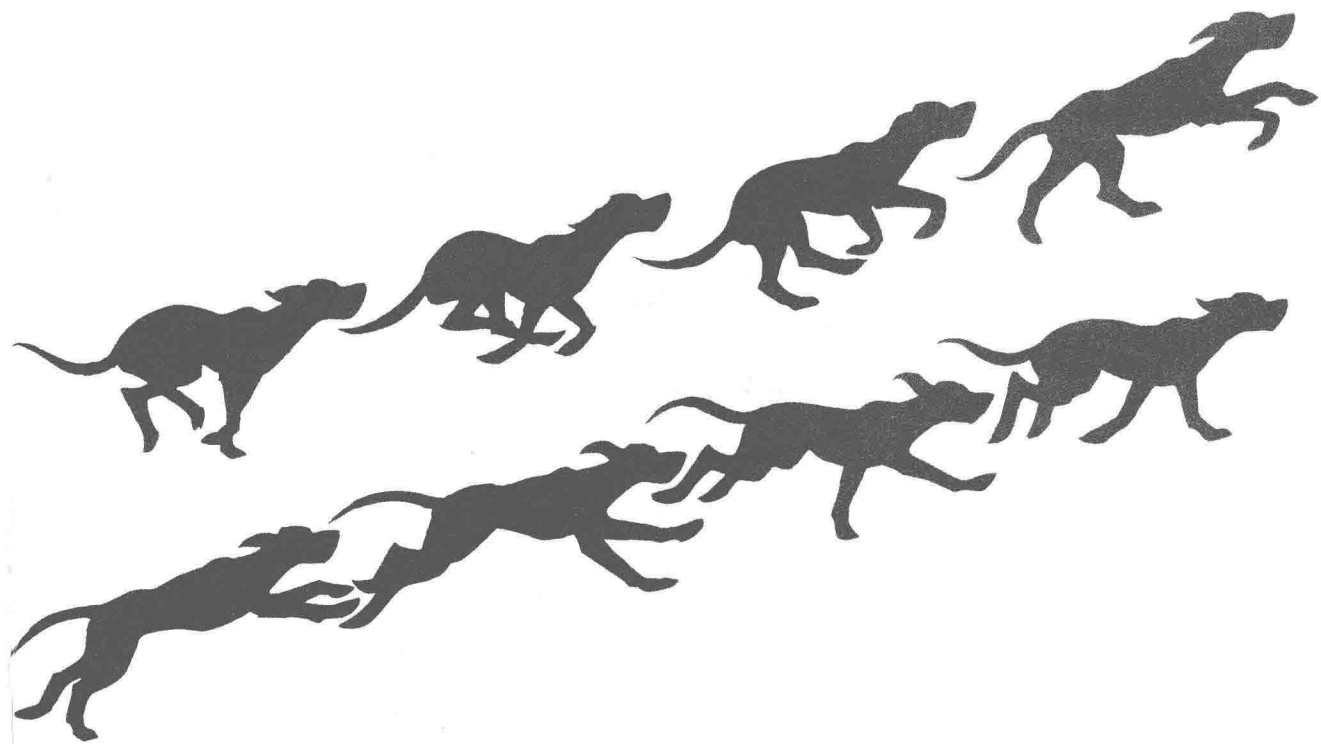


人民美术出版社

▲ 高等教育“十二五”全国规划教材  
▲ 高等院校动漫专业系列教材

# 动画运动规律

王亦飞 编著



人民美术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

动画运动规律 / 王亦飞编著. -- 北京: 人民美术出版社, 2012.2  
高等院校动漫专业系列教材  
ISBN 978-7-102-05936-5  
I. ①动… II. ①王… III. ①动画-绘画技法-高等学校-教材 IV. ①J218.7  
中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第022933号

## 高等院校动漫专业教材编辑委员会

顾问委员:

严定宪 曲建方 戴铁郎 马克宣

主任委员: (以姓氏笔画为序)

孙立军 孙明 孙哲 李剑平 吴冠英 晓鸥 曹晓卉

委员: (以姓氏笔画为序)

王亦飞 田喜庆 闫英林 李毅 李晨 李欣 肖茁 张鹏 张天一 钟泉 洪涛 雷光

鲁迅美术学院动画·多媒体专业系列教材编委会

顾问: 韦尔申

总策划: 孙明

主编: 王亦飞

执行主编: 张宇

## 动画运动规律 王亦飞 编著

出版: 人民美术出版社

地址: 北京市东城区北总布胡同32号 100735

网址: www.renmei.com.cn

电话: 艺术教育编辑部: (010)65122581 (010)65232191

发行部: (010)65252847 (010)65593332 邮购部: (010)65229381

选题策划: 左筱榛

责任编辑: 左筱榛

封面设计: 左小榕

版式设计: 许佳春 王倩

责任校对: 马晓婷

责任印制: 赵丹

制版印刷: 北京民族印务有限责任公司

经销: 人民美术出版社

2012年3月 第1版第1次印刷

开本: 787毫米×1092毫米 1/16 印张: 11.5

印数: 0001-3000册

ISBN 978-7-102-05936-5

定价: 45.00元

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题, 请与我社联系调换。

# 总序

肇始于20世纪初的五四新文化运动，在中国教育界积极引入西方先进的思想体系，形成现代的教育理念。这次运动涉及范围之广，不仅撼动了中国文化的基石——语言文字的基础，引起汉语拼音和简化字的变革，而且对于中国传统艺术教育和创作都带来极大的冲击。刘海粟、徐悲鸿、林风眠等一批文化艺术改革的先驱者通过引入西法，并以自身的艺术实践力图变革中国传统艺术，致使中国画坛创作的题材、流派以及艺术教育模式均发生了巨大的变革。

新中国的艺术教育最初完全建立在苏联模式基础上，它的优点在于有了系统的教学体系、完备的教育理念和专门培养艺术创作人才的专业教材，在中国艺术教育史上第一次形成全国统一、规范、规模化的人才培养机制，但它的不足，也在于仍然固守学院式专业教育。

国家改革开放以来，中国的艺术教育再一次面临新的变革，随着文化产业的日趋繁荣，艺术教育不只针对专业创作人员，培养专业画家，更多地是培养具有一定艺术素养的应用型人才。就像传统的耳提面命、师授徒习、私塾式的教育模式无法适应大规模产业化人才培养的需要一样，多年一贯制的学院式人才培养模式同样制约了创意产业发展的广度与深度，这其中，艺术教育教材的创新不足与规模过小的问题尤为突出，艺术教育教材的同质化、地域化现状远远滞后于艺术与设计教育市场迅速增长的需求，越来越影响艺术教育的健康发展。

人民美术出版社，作为新中国成立后第一个国家级美术专业出版机构，近年来顺应时代的要求，在广泛调研的基础上，聚集了全国各地艺术院校的专家学者，共同组建了艺术教育专家委员会，力图打造一批新型的具有系统性、实用性、前瞻性、示范性的艺术教育教材。内容涵盖传统的造型艺术、艺术设计以及新兴的动漫、游戏、新媒体等学科，而且从理论到实践全面辐射艺术与设计的各个领域与层面。

这批教材的作者均为一线教师，他们中很多人不仅是长期从事艺术教育的专家、教授、院系领导，而且多年坚持艺术与设计实践不辍，他们既是教育家，也是艺术家、设计家，这样深厚的专业基础为本套教材的撰写一变传统教材的纸上谈兵，提供了更加丰富全面的资讯、更加高屋建瓴的教学理念，使艺术与设计实践更加契合的经验——本套教材也因此呈现出不同寻常的活力。

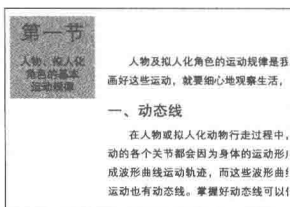
希望本套教材的出版能够适应新时代的需求，推动国内艺术教育的变革，促使学院式教学与科研得以跃进式的发展，并且以此为国家催生、储备新型的人才群体——我们将努力打造符合国家“十二五”教育发展纲要的精品示范性教材，这项工作长期的，也是人民美术出版社的出版宗旨所追求的。

谨以此序感谢所有与人民美术出版社共同努力的艺术教育工作者！

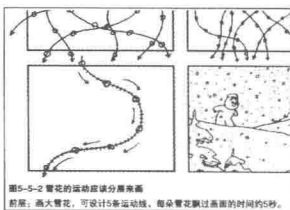
中国美术出版总社 社长  
人民美术出版社

## 本书导读

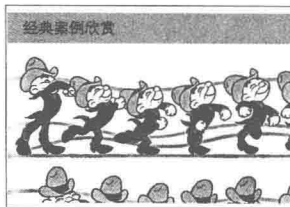
动画运动规律对于动画创作来说至关重要。本书通过大量的实例与分析讲解提供给同学们一系列方法和规则，深入浅出，力图帮助同学们掌握动画运动规律的基本原理、基本理论以及多种表现方法和思路。希望同学们能够学以致用，领悟动画创作的思维方式，不断积累、探索。



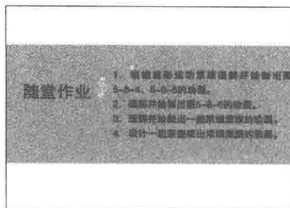
第一部分 分章节介绍动画运动规律的基本原理、基本理论以及具体画法，使同学能够系统地了解运动规律的基础知识。



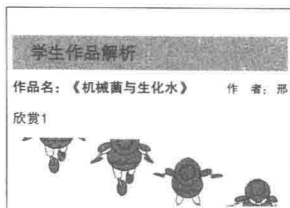
“范例”部分，对具体的画法进行演示和讲解，图文配合，清晰明了。



“经典案例欣赏”为同学们提供了参考和学习的典范，使同学们对知识应用的结果有所把握。



“随堂作业”将课程重点和难点以问题的形式呈现，使同学通过思考和实际操作，巩固和提高知识掌握与运用的水平。



“附录”部分收录了鲁迅美术学院动画专业学生的优秀作品。以实例分析的形式，将学生在动画创作中遇到的问题直观地加以说明。

## 第一章

### 动画运动规律的基本原理

#### 第一节

##### 动画“动”的原理/ 002

- 一、“动”的初探/ 002
- 二、“视觉暂留”现象/ 003

#### 第二节

##### 动画的时间、空间、速度/ 005

- 一、动画时间/ 005
- 二、动画空间/ 006
- 三、动画速度/ 007

随堂作业/ 014

#### 第三节

##### 动画的制作流程/ 015

- 一、动画的制作流程/ 015
- 二、原画、中间画的概念及画法/ 016

#### 第四节

##### 动画制作的工具/ 019

- 一、定位尺/ 019
- 二、动画纸/ 019
- 三、透光台/ 020
- 四、铅笔/ 020
- 五、镜头袋/ 021
- 六、规格框/ 022
- 七、摄影表/ 022
- 经典案例赏析/ 023

## 第二章

### 运动的力学原理

#### 第一节

##### 作用力与反作用力/ 026

随堂作业/ 028

#### 第二节

##### 力的原理/ 028

- 一、力通过活动关节传送/ 028
- 二、力通过有关节的肢体传送/ 030

随堂作业/ 032

#### 第三节

##### 惯性运动/ 032

随堂作业/ 035

#### 第四节

##### 弹性运动/ 036

随堂作业/ 038

#### 第五节

##### 曲线运动/ 038

- 一、弧形曲线运动/ 039
- 二、波形曲线运动/ 040
- 三、“s”形曲线运动/ 042

随堂作业/ 044

经典案例欣赏/ 045

## 第三章

### 动态设计中常见的运动规律

#### 第一节

##### 动作的预备和预感/ 048

- 一、动作的预备/ 048
- 二、动作的预感/ 050

随堂作业/ 051

#### 第二节

##### 跟随动作/ 052

随堂作业/ 054

#### 第三节

##### 动作的停顿/ 054

随堂作业/ 055

#### 第四节

##### 动作的循环/ 056

- 一、无生命物体的循环运动/ 056
- 二、有生命物体的循环运动/ 056
- 三、角色快跑的循环运动/ 058

随堂作业/ 058

#### 第五节

##### 动作的强调/ 059

随堂作业/ 060

#### 第六节

##### 动作的夸张与变形/ 061

随堂作业/ 063

#### 第七节

##### 动作的透视/ 063

随堂作业/ 067

#### 第八节

##### 口型与表情/ 067

- 一、口型与表情/ 067
- 二、情绪的刻画/ 070

随堂作业/ 071

#### 第九节

##### 动作的交搭/ 072

随堂作业/ 073

#### 第十节

##### 复合动作/ 074

- 随堂作业/ 076
- 经典案例欣赏/ 077

# 目录

CONTENTS

## 第四章

### 角色的运动规律 (标准动作)

#### 第一节

##### 人物、拟人化角色的基本运动规律/ 082

一、动态线/ 082

二、人物及拟人动物的人行走/ 083

三、奔跑/ 088

四、跳跃/ 089

随堂作业/ 091

#### 第二节

##### 动物的基本运动规律/ 091

一、四足爪类/ 091

二、蹄类/ 096

三、飞禽类/ 099

四、爬行类动物、鱼类、昆虫类/ 103

随堂作业/ 108

经典案例欣赏/ 109

## 第五章

### 自然形态的运动规律

#### 第一节

##### 自然运动规律

——风/ 116

随堂作业/ 119

#### 第二节

##### 自然运动规律

——火/ 120

随堂作业/ 122

#### 第三节

##### 自然运动规律

——水/ 123

随堂作业/ 131

#### 第四节

##### 自然运动规律

——雨/ 132

随堂作业/ 133

#### 第五节

##### 自然运动规律

——雪/ 134

随堂作业/ 135

#### 第六节

##### 自然运动规律

——闪电/ 136

随堂作业/ 138

#### 第七节

##### 自然运动规律

——云/ 138

随堂作业/ 140

#### 第八节

##### 自然运动规律

——烟/ 141

随堂作业/ 146

#### 第九节

##### 自然运动规律

——爆炸/ 146

随堂作业/ 150

经典案例欣赏/ 151

## 第六章

### 动画的特殊运动

#### 第一节

##### 动画的特殊运动/ 154

一、速度线/ 154

二、效果线/ 156

随堂作业/ 157

#### 第二节

##### 动态中的频闪现象/ 158

随堂作业/ 158

经典案例欣赏/ 159

课程设置/ 160

附录：学生作品解析/ 162

后记

参考书目

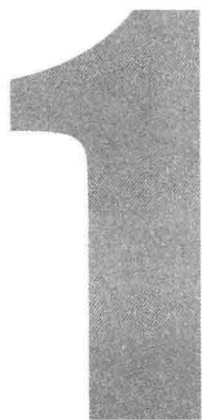
# 第一章

## 动画运动 规律的基本 原理

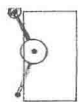
本章重点：动画运动规律的原理  
动画片中动作的节奏

本章难点：动画运动规律的原理  
时间、空间、张数、速度的相互  
关系

关键词：动画运动规律 节奏、  
时间、空间、张数、速度







# 第一章 动画运动规律的基本原理

动画是一种特殊形式的电影，也是一种动态的综合艺术表现形式。它以视觉暂留现象为原理，运用绘画或其他造型艺术的手法，利用拍摄手段和特定技术形成连续影像，并通过多种媒介来传播，以表达创作者的目的、思想情感。

动画运动规律，是研究时间、空间、张数、速度的概念及彼此之间的相互关系，从而处理好动画中动作的节奏的规律。创作者以客观事物的运动规律为基础，融入自己创作观念和对动画主题内容的理解，运用动画内容、角色、场景等必要元素，进行艺术加工，实现虚拟世界的现实化，升华主题，感染观众。

## 第一节

### 动画“动” 的原理

动画的发展历史非常悠久，回首人类文明的长河，透过各种形式图像的记录，我们可以看到早在原始时期，人类已经开始有意识地表现物体动作和时间过程。

#### 一、“动”的初探

法国考古学家普度欧马（Prudhommeau）在1962年的研究报告指出，早在25000年前，石器时代洞窟壁画中的系列野牛奔跑图中，人们已经有意识地描绘出他们在日常生活中观察到的动物的运动。在一张画面上将不同时间发生的动作画在一起，这表示人们已经开始关注运动，并且有意识地将其表现出来（如图1-1-1、图1-1-2）。而达芬奇在著名的《维特鲁威人》中表现了四肢上下摆动的动作（如图1-1-3）。16世纪西方首度出现的手翻书也是动画的雏形。

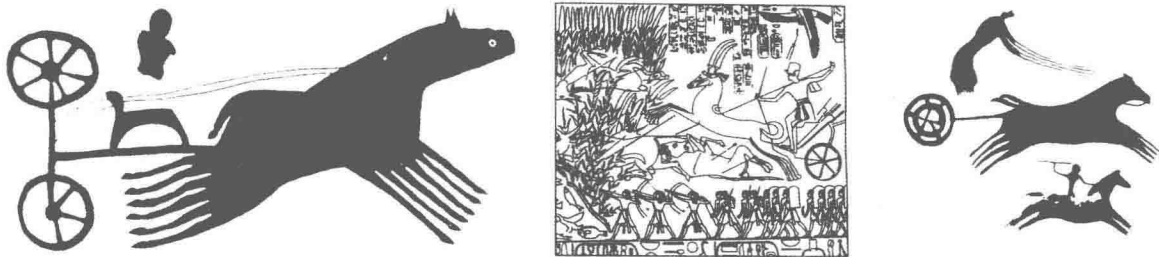


图1-1-1 早期的图像关联

我们可以看到奔跑中的动物的腿部被处理成很多条，这种现象被认为是石器时代我们祖先对观察到的运动的记录。

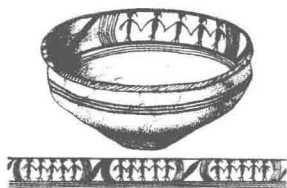
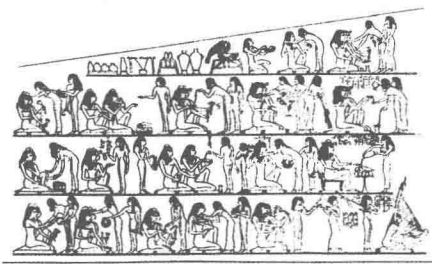


图1-1-2 古代岩画与器皿

古代先民将日常生活中观察到的人或动物的动作分解开来，画在墙壁或器皿上，形成了上图中的精美图案。

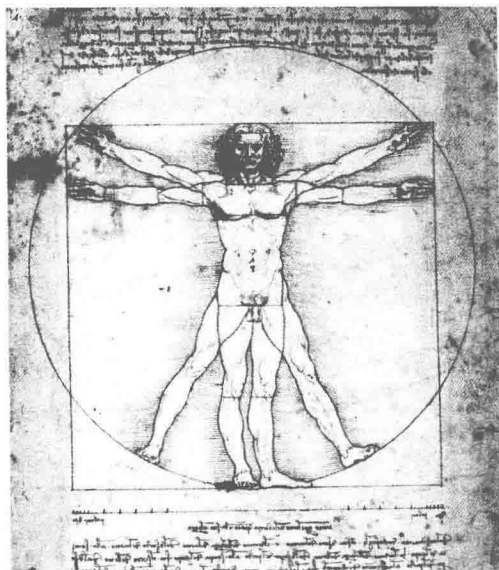


图1-1-3 《维特鲁威人》

达芬奇《在维特鲁威人》中，对人体的四肢运动进行了研究。

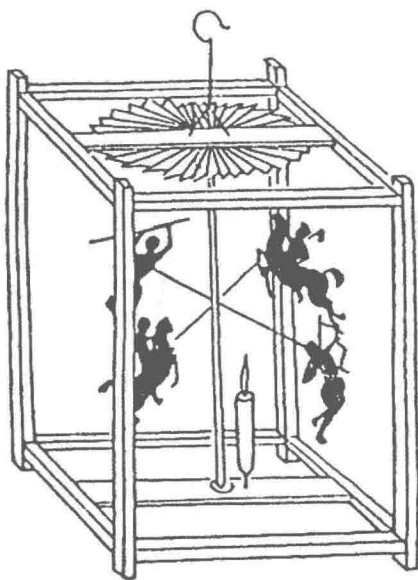


图1-1-4 走马灯

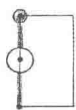
#### 走马灯

灯内点上蜡烛，蜡烛产生的热力造成气流，令轮轴转动。轮轴上有剪纸，烛光将剪纸的影子投射在灯罩上，图像便不断走动。因多在灯各个面上绘制古代武将骑马的图画，而灯转动时看起来好像几个人你追我赶一样，故名走马灯。这就是对视觉暂留现象最早的应用实例。

## 二、“视觉暂留”现象

要说动画“动”的原理，就不得不提到视觉暂留现象（Persistence of vision）。

光照射到人眼上，对视网膜产生刺激，从而产生视觉影像。这个影像在光停止作用后，仍然保留一段时间，这就是所谓的视觉暂留现象。这种现象是由于视神经的反应速度造成的。视觉实际上是靠眼睛的晶状体成像，感光细胞感光，并且将光信号转换为神经电流，传回大脑引起人体视觉。这一系列的过程说来复杂，但是也就是在一瞬间完成，其时值是 $1/24$ 秒，这段时间差就产生了“视觉暂留”现象。比如我们手持一根燃烧这的火炬，手臂用力挥舞火炬，火炬上的火苗就会形成一条火带。这一原理就是动画、电影等视觉媒体形成和传



播的根据。据文献记载，中国的走马灯是历史上对这一原理的最早运用（如图1-1-4）。其他国家也相继出现以视觉暂留现象为依据的装置。

“幻盘”是一个两面画着图画的黑纸盘，当黑纸盘很快地转动起来的时候，我们就看到黑纸盘两面的图像仿佛结合在一起了（如图1-1-5）。



图1-1-5 幻盘

幻盘的原理就是“视觉暂留”现象。

1830年，一位英国著名的物理学家根据彼得·马克·罗杰特的研究，制作成了物理教科书上所说的“法拉第轮”。同时约翰·赫歇尔在设计一种新的有趣的物理实验时，也做成了第一个利用画片制成的视觉玩具。

比利时年轻的物理学家约瑟夫·普拉托和奥地利大学教授斯丹普弗尔在1832年同时发明的诡盘，即是利用法拉第轮的原理和幻盘的图画制成的（图1-1-6、图1-1-7）。

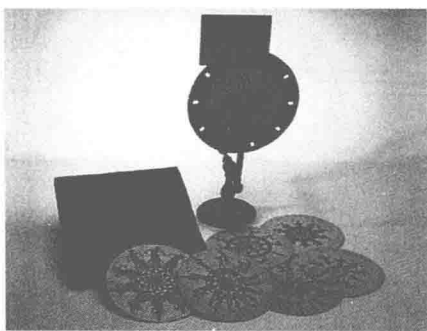


图1-1-6 诡盘

诡盘的原理就是“视觉暂留”现象。



图1-1-7 诡盘



图1-1-8 走马盘

走马盘可以说是动画艺术的雏形。

1834年发明的“走马盘”给予上述装置以新的发展。这种“走马盘”用圆鼓代替格子盘，圆鼓里附着画有一连串图像地软纸图像带，将一个动作分解为几个画面，迅速转动就可把分解的画面看成是一个完整的动作。走马盘的出现可以说是动画以及电影的雏形（如图1-1-8）。

动画片的创始人雷诺则在1888年发明了“光学影戏机”，使用凿孔的画片带，并从1892年起开始放映世界上最早的动画片（如图1-1-9）。

伴随着这些以视觉暂留现象为依据的探索，近代动画片产生了。此后有赖于照相，逐渐产生了真正的活动影片。

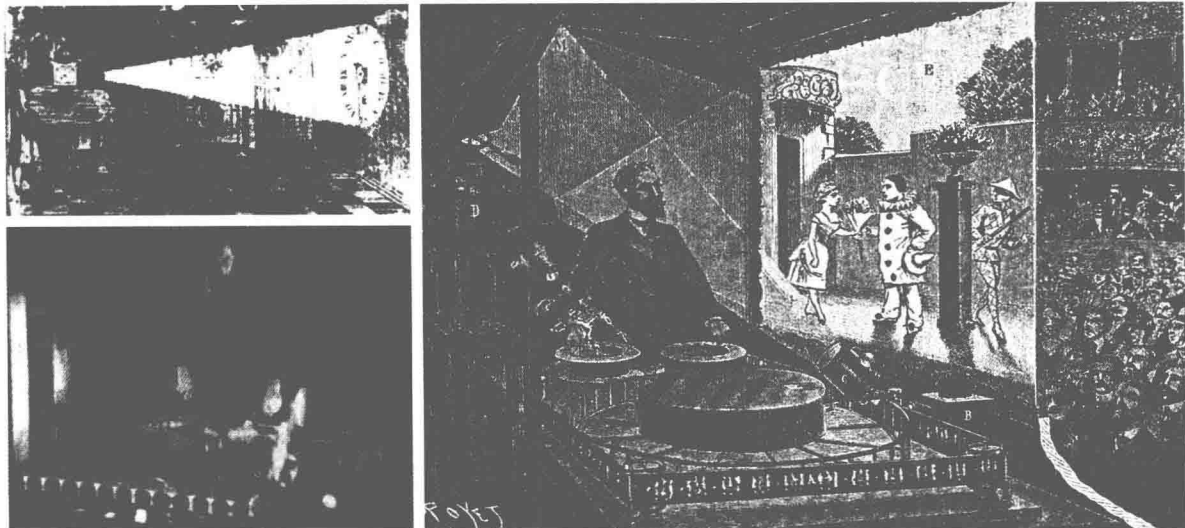
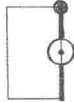


图1-1-9 光学影戏机

雷诺发明的光学影戏机是早期的动画（电影）实验，他也因此被誉为动画之父。当时的人们沉迷于这样的娱乐，所以也促成了影像实验的发展。

## 第二节

### 动画的时间、空间、速度

动画中，动画时间影响着运动速度。快与慢、加速与减速、延时与停格等动画速度，都是根据动画中剧情的需要，通过时间配合与距离分布来实现的。

#### 一、动画时间

动画是在时间的流动中演绎的，时间是动画创作中的重要因素。动画时间的掌握一般包括两个方面：微观动画时间和宏观动画时间。

微观动画时间，即动画师对每一个动作不同阶段张数的精确确定；宏观动画时间，即动画导演对动画片的摄影表(律表)的规划，也就是镜头的时间节奏的把握。

动画片中，一个镜头或一个动作的时间长度，通常以秒、帧、格为测算单位。运动的影像是由成千上万张静止的画面组成的。1帧（1格）即其中的一幅画面，一秒一般分为24帧画面。帧数(格数)的多少与画面的流畅度成正比。在具体实践中，完成同样的动作，动画片所占胶片的长度比故事片、记录片要略短一些。因此，在确定动画片中某一动作所需的时间时，通常要将用秒表根据真人表演测得的时间或记录片所摄长度，缩短一些，才能得到理想效果。

通常所说的动画时间是指微观动画时间，即动画片中完成一个动作所需的时间长度，表现为此动作所占胶片的长度(格的多少)。一般来讲，动画时间控制动画的速度，动作时间的长短和所占片格的数量成正比。时间越长，片格的数量就多，速度就慢；时间越短，片格数量就少，速度就快。



## 1. 什么是“Frame”

“Frame”即格数，用来表示胶片上的每一个单独画面。每一尺胶片包含16个片格(Frame)。放映机运动的速度为每秒24格。动画时间的掌握由此固定的播放速度来计算。

## 2. 什么是“CUT”

“CUT”即镜头。一个连续无间断的画面称为一个“CUT”，其时间长度不一。如果画面切换，则是换了一个“CUT”。当一个画面结束时会转移至下一个画面，这是剪切胶片的結果，因此被称为“CUT”。

## 二、动画空间

动画空间可以从广义的动画空间和狭义的动画空间两个层次去理解。

广义的动画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。狭义的动画空间，是指一个动作的幅度（即一个动作从开始到终止之间的夸张变形是动画艺术的灵魂，是区别于传统电影的本质特征。

为了取得鲜明、诙谐的视觉效果，动画师在设计动作时，往往把动作幅度夸张到极致，以营造出有节奏感的画面，最大限度地拓展观众的视觉空间和心理空间（如图1-2-1）。



图1-2-1 角色的夸张动作

角色从惊讶到异常惊讶的夸张表现。动画师将角色惊讶时的动作幅度做了很大的夸张变形，动画空间表现到极致。

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。例如表现一个人向画面纵深处迎面跑去，由大到小，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。



图1-2-2 兔子夸张的动作、人物摆手动作

兔子拱手和暴跳如雷的动作幅度以及图中人物摆手的范围，都是典型的动作空间。动画空间的大小决定人物动作幅度的大小，二者成正比关系。

### 三、动画速度

动画片中动画时间影响着运动速度。运动的主体在动画片中以位置的变化和形态的变化来呈现，而这些变化取决于动画时间的合理分配。如快与慢、加速与减速、延时与停格等动画速度，都是根据剧情的需要通过时间配合和距离分布来实现的。

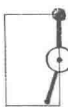
物理意义上的速度是指物体在运动过程中的快慢。运动物体是受力的支配的。受力大的物体，它的运动速度就快；受力小的物体，它的运动速度就慢。另外在相同的距离中，运动物体所占用的时间越短，速度就越快，所占用的时间越长，速度就越慢。动画片是以1秒钟24格作为计算标准的。物体运动速度快，占用的格数就少；物体运动速度慢，占用的格数相对就多。

#### 1. 动画的匀速、加速度和减速度

速度的变化，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，也称为加速运动。与此相反，两张关键动态原画之间，中间画距离由大变小，即速度由快到慢，这就是减速度，也称为减速运动。

##### (1) 匀速运动。

匀速运动是指在两个原画之间，每两张中间画之间的距离完全相等，银幕效果则是均匀移动的视觉感受（如图1-2-3A）。



### (2) 加速运动。

加速运动是指在两个原画之间，每两张中间画画面上物体运动的距离由小到大。银幕效果则是由慢到快的视觉感受，通常表现力量、快捷的戏剧效果。对于加速运动等快动作而言，预示性准备动作非常重要，有利于观众对快速动作的心理预知和视觉理解，避免动作快得让观众的眼睛跟不上。一个自由落体的物体下落到地面，由于物体自身重量及地心引力的作用，就会产生加速运动（如图1-2-3 C、图1-2-4、图1-2-5）。

### (3) 减速运动。

减速运动是在两个原画之间，每两张中割画面之间的距离由大到小，银幕效果则是由快到慢的视觉感受，通常表现舒展、抒情的戏剧场面。一般来说非常慢的动作在动画设计中应尽量避免，因为中间画距离太近如果画的不精准或间隔距离计算得不准确，动作会出现抖动的跳帧现象（如图1-2-3 B、图1-2-7）。

图示

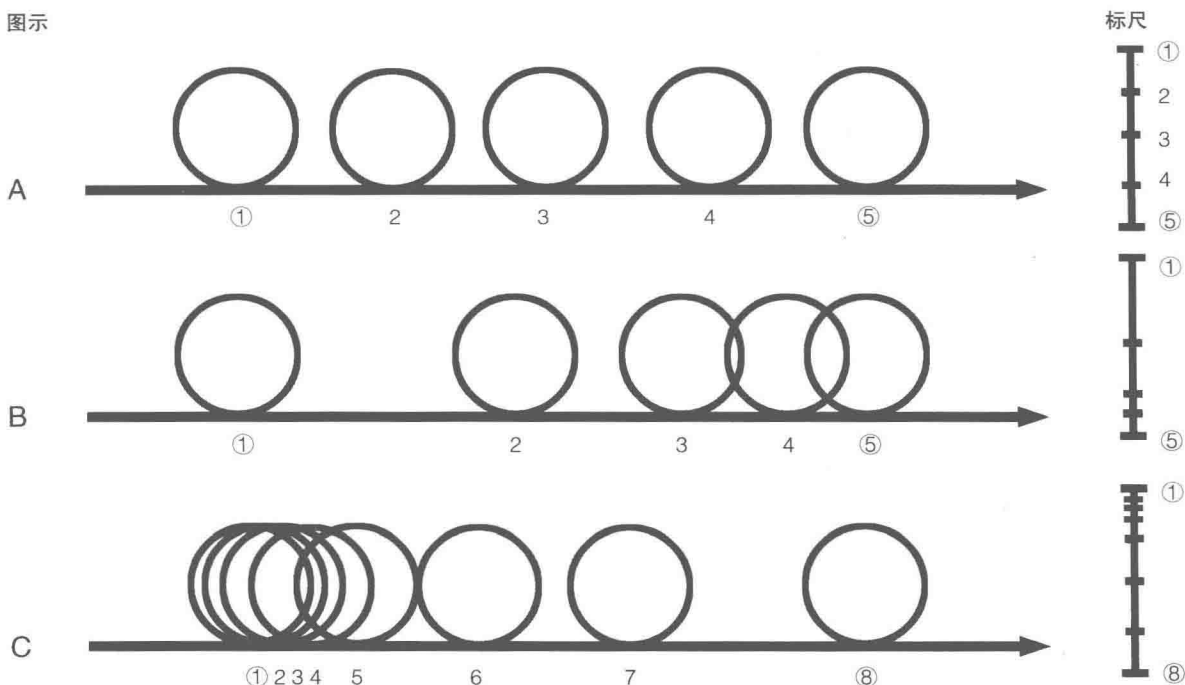


图1-2-3 球的运动速度和位置变化

三幅图中球的运动分别为匀速运动、加速运动、减速运动。

A图是匀速运动。从图示及标尺中都可以看出小球的排列和标尺上的刻度都是平均分的，即将①到⑤两张原画之间的距离平均分，画出2、3、4这几张动画。

B图是减速运动。从图示及标尺中看，小球及标尺上刻度是前面稀疏后面密集。在动画中同样的时间内两张动画的位移越大速度就越快，两张动画之间的距离越小速度越慢。

C图是加速运动。大家可以看到图示中①、2、3、4、5距离密集，6、7、⑧相距越来越远，小球的运动速度由慢到快。

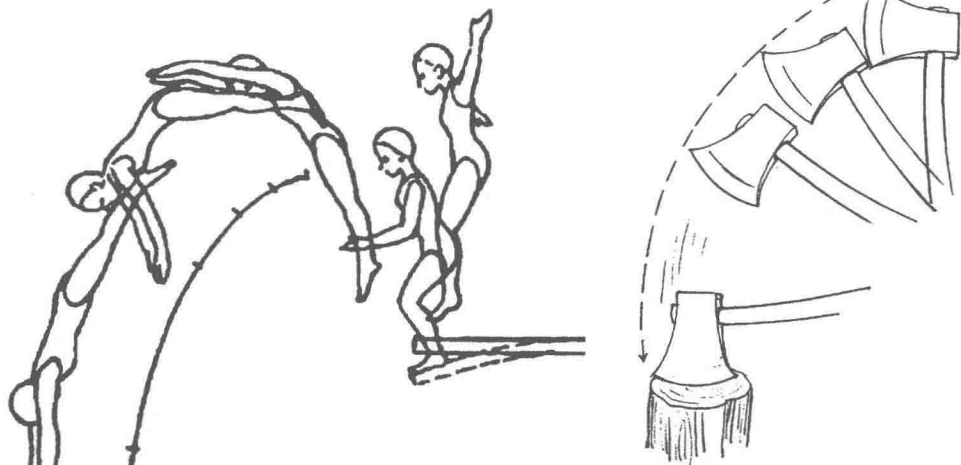


图1-2-5 斧子砍下的加速运动  
斧子砍下因外力作用便产生了加速运动。

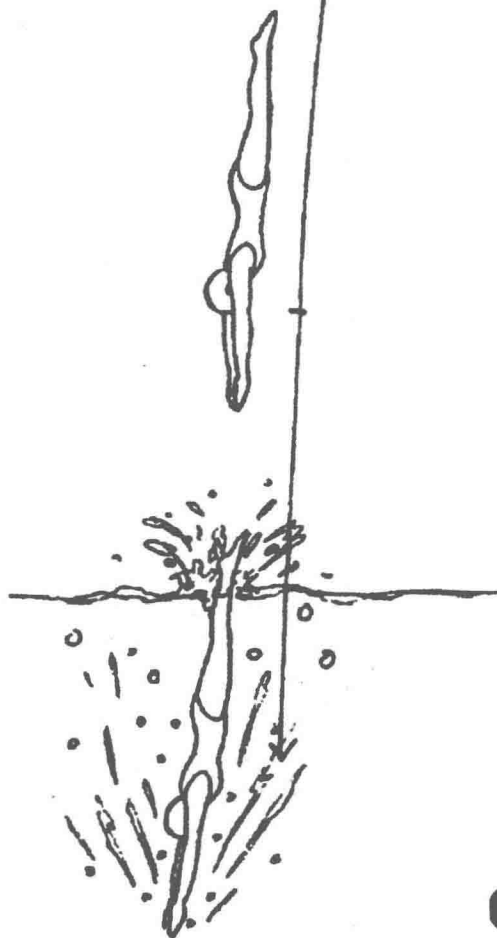


图1-2-4 运动员高台跳水的加速运动  
跳水运动员在高空下坠的时候由于地心引力的作用，在下落的过程中速度越来越快，产生了加速运动。

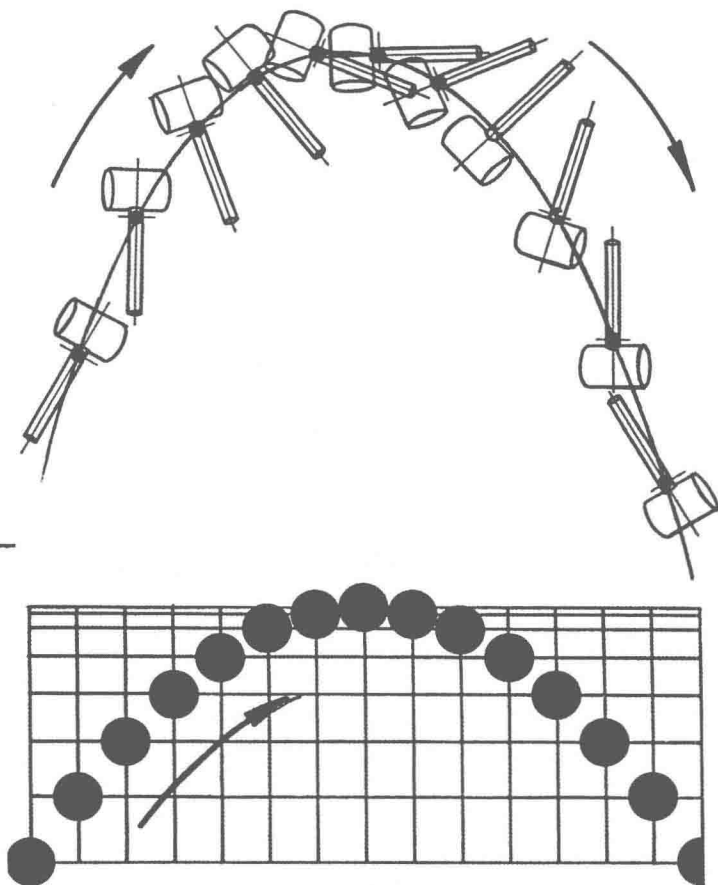


图1-2-6 抛物运动  
由于受各种力的作用，抛物运动是一个加减速运动。上图中锤子被由左向右抛出。我们可以看到每张动画锤子的距离变化，锤子的运动是由快到慢然后再快。锤子的运动变化同下图向上抛的小球的抛物运动。



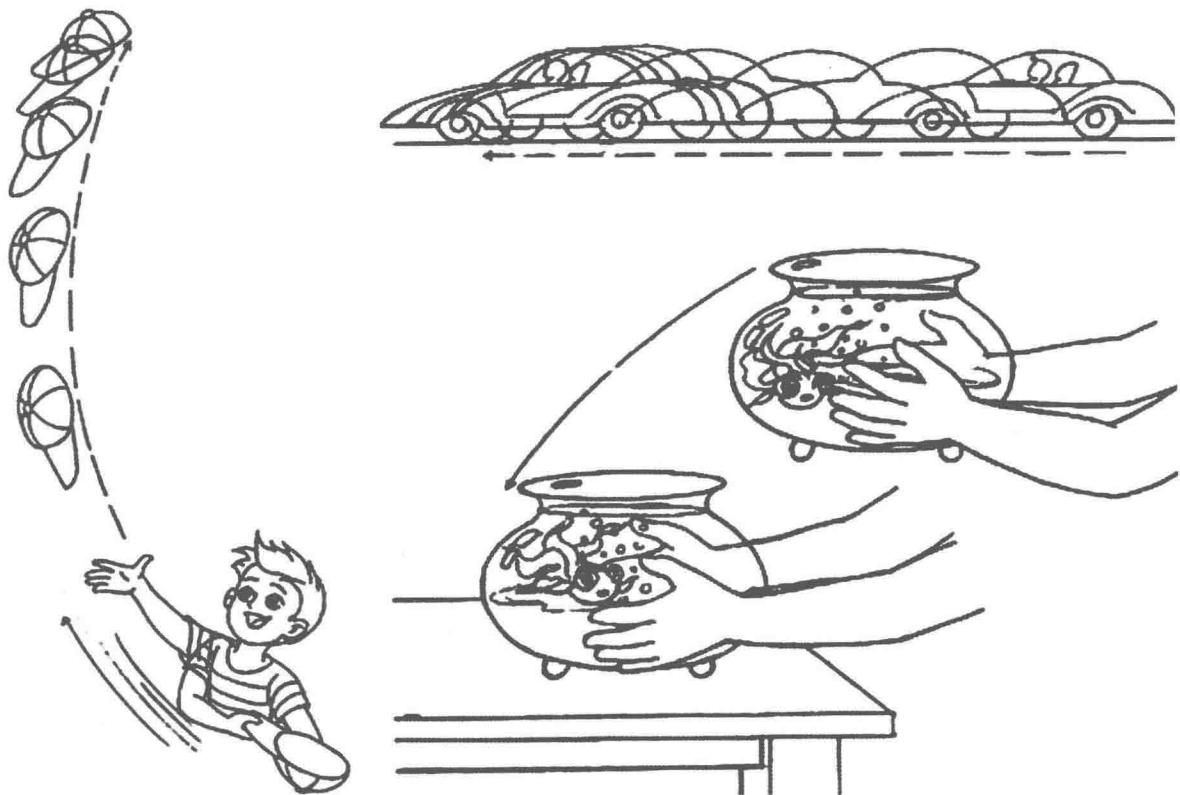


图1-2-7 减速运动

以上三组动作均是减速运动。

男孩抛帽子的动作是减速运动。帽子抛到空中由于重力的作用，越到高空运动越缓慢，从而形成减速运动，而到了最高处停止之后，下落的过程则是加速运动。

汽车急刹车的过程也是减速运动，车子慢慢地停下。我们在画刹车的运动规律时可以酌情加入车子形变的动画，这样可以产生戏剧性的效果。

双手捧着鱼缸放到桌子上的动作是减速运动。由于鱼缸是易碎物品，在放置过程中要缓慢。

决定动作速度的快慢主要有三个因素：时间、空间、两张原画之间的中间画的数量。即使动作的时间长短相同，距离大小也相同，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。中间画的张数越多，速度越慢；中间画的张数越少速度越快。

动画速度确定后设计动画时间，然后根据设定的时间长度决定插入的张数。

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、研究动作过程中每一格画面（1/24秒）之间的距离（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。