



教育部 文化部
高等学校动漫类规划教材

动画运动规律

> 黄大为 编著



 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



教育部 文化部
高等学校动漫类规划教材

动画运动规律

DONGHUA YUNDONG GUIÜ

> 黄大为 编著



 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书通过系统的理论讲述,结合创作实践及参考国内外大量相关动画资料和图片分析,帮助读者系统深入理解和掌握动画创作中一般运动规律和关键技能,在讲解一般动画运动规律外,本书还着重加强对角色动作行为规律的总结和归纳,让读者了解并掌握动画的核心——动作分析、角色运动和时间掌握的知识,尤其注重其在二三维动画创作实践中具体的运用,是一本适合高等学校动画艺术专业的教材,同时也可供广大动漫爱好者阅读和收藏。

图书在版编目(CIP)数据

动画运动规律 / 黄大为编著. — 北京: 高等教育出版社, 2013. 2

ISBN 978-7-04-033057-1

I. ①动… II. ①黄… 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262244号

> 动画运动规律

黄大为 编著

策划编辑..... 耿芳
责任编辑..... 耿芳
封面设计..... 张申申
版式设计..... 张申申
责任校对..... 李大鹏
责任印制..... 朱学忠

出版发行/ 高等教育出版社
社 址 / 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 / 100120
印 刷 / 北京信彩瑞禾印刷厂
开 本 / 787mm×1092mm 1/16
印 张 / 10.25
字 数 / 170千字
购书热线 / 010-58581118

咨询电话 / 400-810-0598
网 址 / <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 / <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 / 2013年2月第1版
印 次 / 2013年2月第1次印刷
定 价 / 28.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物 料 号 33057-00

文化是一个民族的灵魂，而动漫这种特殊的文化载体，以其视听传播的直观性，更容易跨越文化、民族的边界而产生长远的影响。好的动漫作品、动漫形象，伴随一代又一代人的成长，历久而弥新。

进入新世纪以来，我国动漫、新媒体产业发展迅速，成为文化产业最重要的组成部分之一。国家“十二五”规划提出要推动文化产业成为国民经济支柱性产业，大力发展动漫等重要产业。动漫产业繁荣发展的根本是创新，而创新则要求我们建设一支适应时代要求、富有开拓精神、善于创新创造的文化人才队伍。

为了进一步推动我国动漫人才建设，教育部、文化部于2009年成立了高等学校动漫类教材建设专家委员会，旨在进一步加强高校动画、新媒体学科理论建设和人才培养，组织高水平教材的编写工作。本套系列教材即是过去两年来的重要工作成果之一。

今年是“十二五”规划的开局之年，也是我国文化改革发展加速推进的关键一年。这套教材在这个关键时期推出，将进一步规范和提高国内高等院校的动漫类专业教学水平，从而为我国动漫产业的人才培养和可持续发展产生积极深远影响。

国以才兴，业以才立。中国动漫、新媒体产业的希望和未来在于人才，特别是全国高校动漫类专业学生身上。我们希望，这套教材能对你们的成长有所裨益，我们也期待，你们能够创作更多更好的优秀中国动漫作品。

是为序。

文化部党组副书记、副部长
扶持动漫产业发展部际联席会议成员、办公室主任

欧阳坚

2011年6月

动画艺术呈现给人们的是动态画面的表现效果。欣赏动画艺术作品的过程是一个观看动画作品播放的过程，动画艺术的审美体现在正在播放的时刻。动画擅长表现运动，动画作品中所表现的运动，不同于现实世界存在的运动的简单记录，而是由动画艺术家创造出来的运动。

动画中的运动是由一幅幅静止的画面通过连续播放而产生的“运动幻觉”。如何设计和制作这些画面，以及如何处理前后画面之间的关系，从而更好地表现出生活和艺术的逻辑，是学习动画运动规律和原理的意义和目的所在。

动画是一门创造运动幻觉的艺术。动画片的创作可以说是最全面的艺术创作之一。它有自己的创作法则、艺术特点和表现技巧。动画的运动规律和原理是动画艺术创作最基础的核心内容。任何类型的动画创作都应该遵循这些基本规律和原理。研究和学习这些运动表现原理和规律，是掌握动画艺术最基本而又最核心的内容。如今非常幸运的是，自己不必再去摸索这些原理和规律，因为前辈们都已经总结好了，我们要做的是将这些原理和规律融会贯通，并在动画实践中加以灵活运用。

本书探讨的一些基本动画运动原理和规律，都是动画艺术的核心知识点。同时，在涉及这些规律时，还兼顾角色创造、表演等相关内容。但是，本书讨论的内容还是以讲解理论为主，不打算成为实例操作手册，所以不可能包容关于动画运动的所有方面，有些细节未必能够足够深入，希望学习者能够举一反三。

动画是一门实践性的艺术，仅仅掌握理论知识是不够的。正确的指导性原理的掌握以及不断的实践练习是所有动画创作的根基。尤其重要的是，学习者除了从书本上学习，更要在生活中学会观察和分析。

动画运动规律是学习动画的必修课。通过这门课程的学习，可以使学生掌握动画理论和技法，可以提高学生对动画语言的感知力和把握力，可以提高学生的动画技术水平和表现能力，为将来的动画创作打下坚实的基础。

另外需要说明的是，本书得以完成出版，非常感谢所有曾经给我巨大帮助和支持的人们！

感谢余本庆、杨迈老师对本书的支持与帮助；感谢王晓丽、隋超杰、张一品对本书图片的绘制和处理。

作 者

2012年9月

第1章

动画运动的基本知识

/001/

- 1.1 动画的基本概念/002/
 - 1.1.1 动画概述/003/
 - 1.1.2 动画中的运动/004/
 - 1.2 运动的时间掌握/006/
 - 1.2.1 匀速、加速、减速/008/
 - 1.2.2 时间、距离、张数与速度的关系/015/
- 习题/017/

第2章

动画运动的物理规律和基本原理

/019/

- 2.1 力学原理/021/
 - 2.1.1 惯性运动/022/
 - 2.1.2 弹性运动/023/
 - 2.1.3 曲线运动/024/
 - 2.2 动作规律/032/
 - 2.2.1 预备动作/032/
 - 2.2.2 追随动作/033/
 - 2.2.3 形体动势线和体块/036/
 - 2.2.4 夸张与变形/037/
- 习题/041/

第3章

动画角色的动作行为规律

/043/

- 3.1 人物角色的运动规律/044/
 - 3.1.1 人的行走/045/
 - 3.1.2 人的跑步/052/
 - 3.1.3 人的跳跃/054/
 - 3.2 四足动物(兽类)的运动规律/057/
 - 3.2.1 四足动物的结构特征/057/
 - 3.2.2 四足动物的运动规律/059/
 - 3.3 其他动物类的运动规律/064/
 - 3.3.1 禽鸟类/064/
 - 3.3.2 鱼类/071/
 - 3.3.3 昆虫类/077/
- 习题/082/

第4章

自然现象的基本运动规律

/085/

- 4.1 风/086/
- 4.2 火/089/
- 4.3 水/092/
- 4.4 雨和雪/097/
- 4.5 雷(闪电)/099/
- 4.6 烟/102/

4.7 爆炸/104/

习题/107/

第5章

传统二维动画制作 中运动规律的应用

/109/

5.1 表演和原画/110/

5.2 空间透视和镜头的
运动/113/

5.3 口形同步对位/125/

习题/128/

第6章

三维动画中运动规律 的应用

/131/

6.1 时间和空间控制/132/

6.2 正向与反向运动/135/

6.3 变形器的运用/138/

6.4 动作捕捉与夸张表现/143/

习题/147/

参考文献

/149/

第1章

动画运动的基本知识



- > 1.1 动画的基本概念
- > 1.2 运动的时间掌握

1.1

> 动画的基本概念

著名的加拿大动画艺术家诺曼·麦克拉伦曾经说过：“动画是创造运动的艺术。”

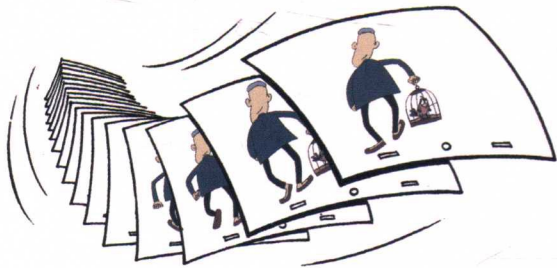
诚如大师所说，表现运动中的形象，或者说以运动的形式表现角色形象就是动画艺术最重要的本体特征。

人们通常习惯以动画代指动画片，严格地说，这里的“动画”一词，不能算作严谨的说法。因为“动画”的应用非常广泛，在科研、教育、医疗、卫生、军事技术的示范说明、建筑设计漫游展示等方面都有应用。当今多媒体的应用，使得动画还在不断开拓新的应用领域。一直以来，虽然对于动画的特性和概念没有理论意义上严格的统一，但是有一点是达成共识的：无论是传统动画影片形式，还是虚拟数字形式的动画，都是通过一系列有序的、有差别的静止图像序列播放而产生运动影像的艺术表现形式（如图1所示）。

动画作品的界定不在于使用的材质或创作的方式，而是作品是否符合动画的本质。时至今日，动画媒体已经包含了各种形式，但不论何种形式，它们具有一些共同点，即其影像是以电影胶片、录像带或数字信息的方式逐格记录的；另外，影像中角色的“动作”是被创造出来的幻像，而不是原本在现实中存在的（如图2所示）。

从各个方面来说，在过去传统的逐帧绘制或定格动画时代，对动画下定义相对比较容易，但是在如今多媒体的数字时代就相对有些困难。传统的动画核心观念与当今的数字多媒体时代结合起来，已经拥有非常多的功能和大量的风格和技术。即便如此，仍然有一些核心的基本原则是不变的，无论是以什么形式展现的动画，其基本的创作规律和原理都是共通一致的。

1
序列帧示意图





(a) 黏土动画



(b) 计算机动画

本书中所介绍的动画运动规律主要是基于动画片（电影、电视）中的叙事角色和物体的运动原理。

1.1.1 动画概述

动画是集合了绘画、漫画、电影、数字媒体、摄影、音乐、文学等众多艺术门类于一体的艺术表现形式。通常人们所说的“动画”一词，英文有 animation、cartoon、animated cartoon、cameracature 等。英文动词 animate，在词典中解释为“赋予……生命，使……有生气”的意思；而中文的“动画”据说源自日语的翻译，简单地从字面上来理解，也是很好地表达了动画所包含的“运动”与“画面”这两个最主要的本体要素。动画从诞生到发展成熟，都和这两个要素密切相关。

动画艺术以其特有的方式表现和诠释“真实”或者创造与现实世界完全不同的世界。许多理论认为，动画（动画片）与剧情片、纪录片、实验电影一样，是电影艺术的一个类型。不可否认动画具有影视的视听语言表现特征，但是动画更具有电影和电视不具备的、独特的艺术表现能力。实际上，动画本身与其拍摄对象并无必然联系，而真正区别动画和电影、电视技术（特指由连续摄影机和摄像机拍出的活动影像技术）的关键是它的拍摄方式。动画可以表现影视无法表达的内容，也并不是所有的动画都按照影视表现语言来表达的。

对于动画本质的理解，有助于人们更好学习这门艺术。动画是创造艺术生命的表达手段：现实中原本没有生命的各种材质与物件、形象符号，通过动画这种表现形式，从而获得了生命活力、某种精神和性格特征。动画中的“运动”是人工创造出来的，而不是在现实生活中

记录下来的(如图3所示)。

有关动画概念和本体特征的介绍涉及动画的理论层面,不是本书介绍的内容。在此对动画相关概念进行简单概述,只是作为下面论述的铺垫,并不过多展开。

1.1.2 动画中的运动

动画中的运动概念通常有两个方面的含义:一方面是指在观众所看到的动画影片画面内,角色形象做出的各种行为动作,以及周围环境、物体产生的运动和变化状态;另一个方面是指动画影片的画面模拟实拍摄影机拍摄位置和视点变化而产生的各种镜头运动效果。

动画中的运动表现效果与人们视觉感受的生理特点、科学技术的发展基础密切相关。

3 动画中的“运动”



(a) 运用布和毛线材料创造角色形象



(b) Tyrlova 的定格动画作品



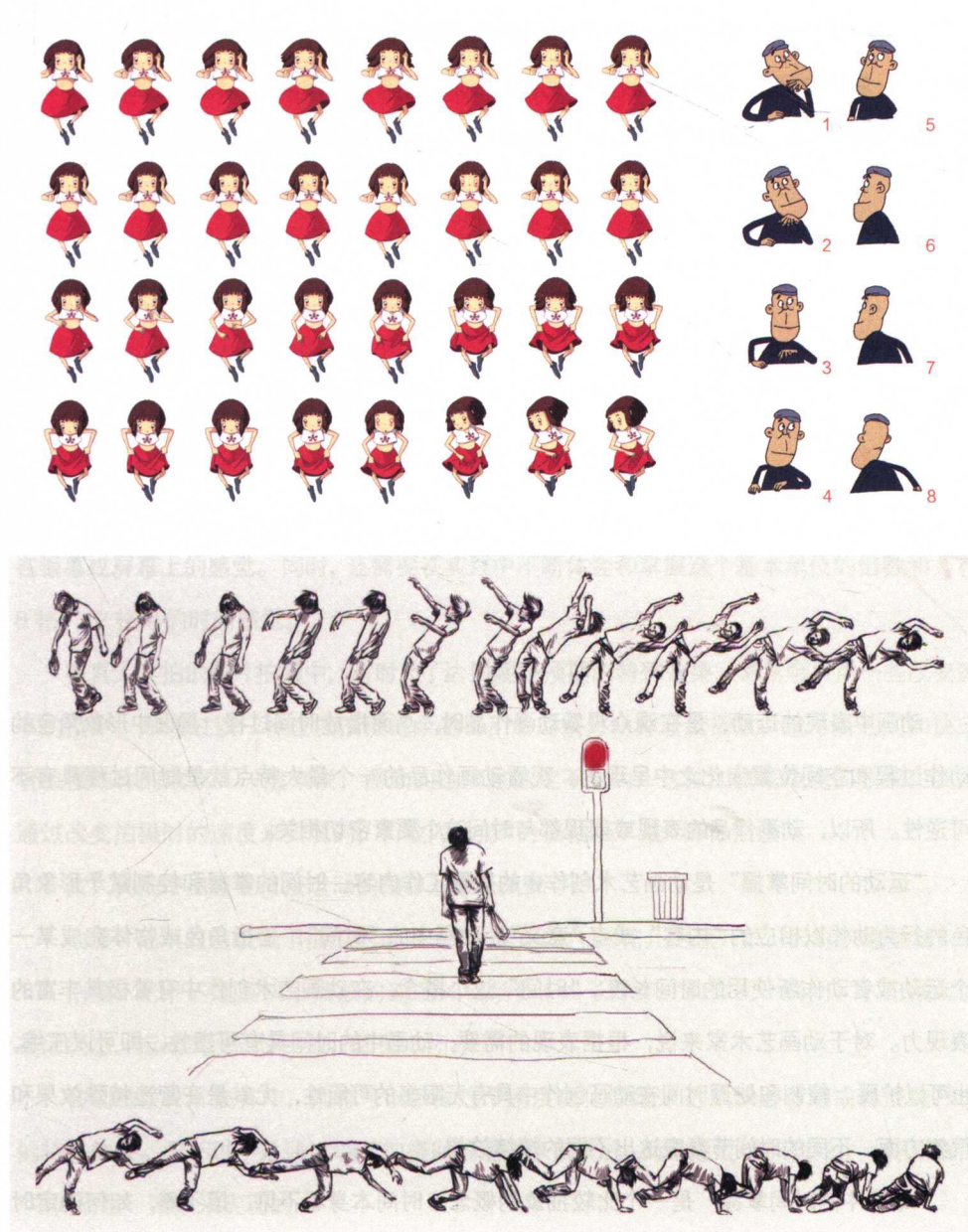
(c) 史云梅耶的动画作品,运用剪纸的形式

人们所看到的动画画面其实是一组拍摄与播放的关系组合。这种组合建立在电影每秒钟连续播放 24 格 (或者电视扫描每秒 25 帧 /30 帧) 画面的时间单位基础上。

动画中表现出来的运动具有连贯性, 并且具有时间和速度的节奏变化的特点。动画的运动来自于每一个画面 (格、帧) 与前后画面之间的差别 (如图 4 所示)。

创造运动变化是动画艺术最显著的特征和标志, 这种“无中生有”的创造性表现角色形象与各种物体运动、变化的技巧, 也正是动画艺术区别于其他艺术门类的创造性特点所在。

4 每格画面中角色动作的差别



重新认识、学习、研究和分析那些平常被认为是出于生物本能、自然而然做出的各种行为动作，对于学习动画艺术的人来说具有非常重要的意义。每一个看似简单的运动都应该充分研究，从直观显现的特点来发现其中隐含的丰富内容和规律。例如，一个人是怎样行走和奔跑，怎样从座位上站起来，怎样骑自行车，等等。这些动作看起来简单，以至于在日常生活中，人们自然而然地做了，大脑根本不会多想为什么会这样做，而不是那样做。但是对于动画创作者来说，不但要能够描绘这些行为动作，还应该了解和熟悉在这些动作中包含的一些规律，诸如重力原理和平衡规律的重要性等，即所谓“知其然，知其所以然”。学习动画，不但要掌握如何表现运动，还要明白造成运动和影响运动的原因和各种因素。

目前所学习的动画中的运动规律（也称为动画原理），经过一代又一代的动画艺术家不断实践、总结和归纳，已经形成了非常完善的体系。尽管这些原理大多数从传统的二维动画的制作实践中产生，但是，所有这些关于运动的原理和技巧同样可以运用到其他的动画形式中。

1.2 运动的时间掌握

动画中表现的运动，是在观众观看动画作品时，画面播放时间过程、画面中形象角色的动作过程和空间位置变化之中呈现的。观看动画作品的一个最大特点就是时间过程具有不可逆性。所以，动画作品的表现或展现都与时间这个要素密切相关。

“运动的时间掌握”是动画艺术创作中的重要工作内容。时间的掌握和控制赋予形象角色的行为动作以相应的“内容”或者“意义”。动画中的“时间”，是指角色或物体完成某一个运动或者动作所使用的时间长度。“时间”这个概念，在动画艺术创作中有着极其丰富的表现力。对于动画艺术家来说，根据表现的需要，动画中的时间具有可塑性，即可以压缩，也可以扩展。控制和处理时间在动画创作中具有无限多的可能性，尤其是在营造特殊效果和气氛方面，不同的时间节奏表达出不同的情绪效果。

“动画中的时间掌握”是一个比较抽象的概念，时间本身看不见、摸不着，如何确定时

间掌握的成功与否,人们只能通过观看动画片,在动画播放的过程中来确认和评价。

如何使画面中的物体形象具有“真实的”重量感,并且所设计的角色以令人信服的方式活动和表演,很大程度上取决于所设计的动画画面中动作之间的时间间隔的分配,而不在于每一幅动画稿本身画得如何漂亮、精美和细腻,这就是动画时间掌握的重要意义。

动画时间掌握的基础建立在目前媒介固定的播放速率之上,目前电影播放的速率是每秒钟 24 格,电视扫描的速率是每秒钟 25 帧或 30 帧。这个速率标准可以理解为:无论角色动作在什么情绪或者节奏中,比如说一个紧张激烈的打斗追逐场景,或者一个浪漫抒情的场景,人们所看到的画面都是以每秒钟连续播放 24 格(25 帧/30 帧)的速率来实现的。所以,格(帧)是动画运动时间掌握的最基本时间单位。

随着影视、媒体科技的发展,拍摄和媒介播放的速度相应发生了一些改变,但是目前电影胶片和视频摄录像的播放速率通常还有以下标准。

- 电影胶片:每秒 24 格;
- 电视录像:每秒 25 帧(PAL 标准);
- 电视录像:每秒 30 帧(NTSC 标准)。

电影的每秒 24 格与电视的每秒 25 帧的区别,在生活中一般是难以察觉的。所以,对于动画师来说,“时间掌握”的基本单位应用于电影的是 $1/24$ s,应用于电视的则是 $1/25(1/30)$ s。也就是说,每一幅画面是“时间掌握”的基本单位。

学习动画必须学习和熟练掌握的一个重要技巧,就是如何把握这 $1/24$ s($1/25$ s、 $1/30$ s) 在银幕或屏幕上的感觉。同时,还需要在实践中不断体会和掌握这个基本单位的倍数和 3 格、8 格、12 格等的时间感觉。

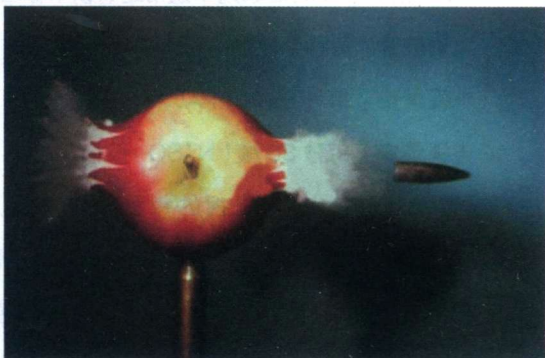
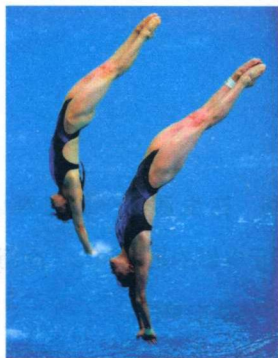
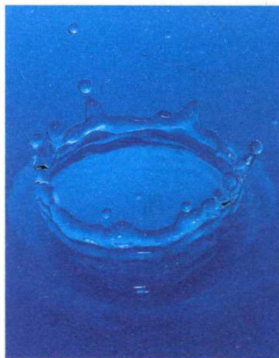
在真人实拍的影片拍摄中,有时为了达到某些预期的特殊效果,常常会采用一些改变速率的技术,如通过以一种速度拍摄记录画面,然后以另一种速度播放,就可以达到加快或者放慢动作的效果。一般来说,播放的速度是固定不变的,这种加快或放慢的效果主要是通过改变拍摄时的速度来实现的,行业内称为“升格拍摄”或“降格拍摄”。

真人实拍中加速或减慢运动的简单对照公式如下。

拍摄/记录的速度慢于播放的速度 = 加快的运动(如花儿迅速开放、云彩快速移动)

拍摄/记录的速度快于播放的速度 = 慢动作(如子弹穿过物体的一瞬间、水花溅起的凝固状态、运动员慢动作回放,如图 5 所示)

在动画设计和制作中,同样可以依据这个速度变化原理来达到快速有趣或者慢速抒情的特殊效果。只不过不是通过调节拍摄时的速率来实现的,而是通过增加和减少动作过程的“中间动画”张数来实现的。

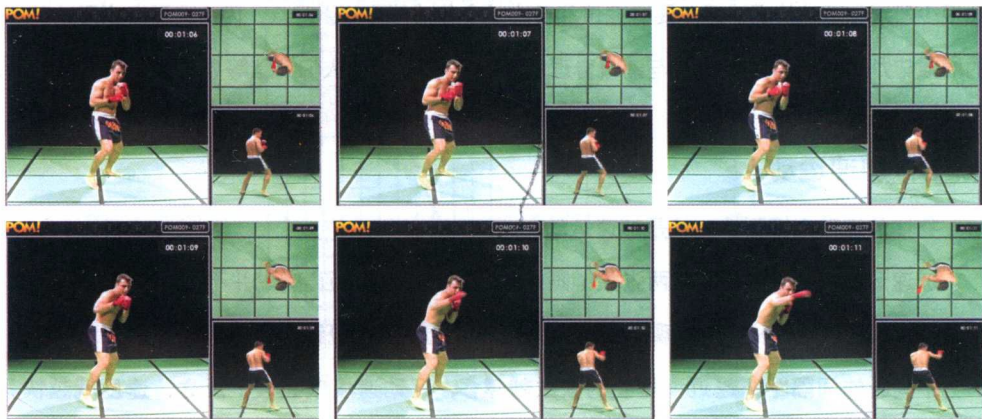


1.2.1 匀速、加速、减速

在现实世界中，物体运动时的速度有快有慢，运动物体总会受到外力的影响。对于同一个物体来说，受到的外力大，它的运动速度就快；受到的外力小，它的运动速度就慢。这样，随着外力大小的变化就发生运动速度快慢的变化。

生活中的所有物体，包括生命体和非生命体，都受到各种各样力的作用。由于这些力的存在，在人们的生活中，除了工厂里生产线上机器的机械性往复匀速运转之外，大部分的物体运动过程不可能都是简单的匀速运动，而是会根据各种力的关系和变化产生相应的运动节奏变化。在日常生活中，这种速度上的变化，有些比较明显，有些并不明显。但是，如果以每秒 24 格的画面来分解动作过程，那么就可以了解和表现出速度的细微变化。

在动画创作中应该根据各种力的关系和规律，表现出丰富生动的运动和节奏变化。在动画片中，不仅要注意分析较长时间运动过程中的速度变化，还必须研究在极短暂的时间内运



动速度的变化。例如,假设一个拳击手猛力击拳的动作过程可能只有6格,所用时间只有1/4 s,用肉眼来观察,很难看出在这一动作过程中的速度变化。但是,如果通过逐格画面分析,加以比较,就会很清楚地发现这6格之间的动作距离并不是相等的,开始时距离小,速度慢(前面的5个画面);后面的距离大,速度快(最后一个画面),如图6所示。

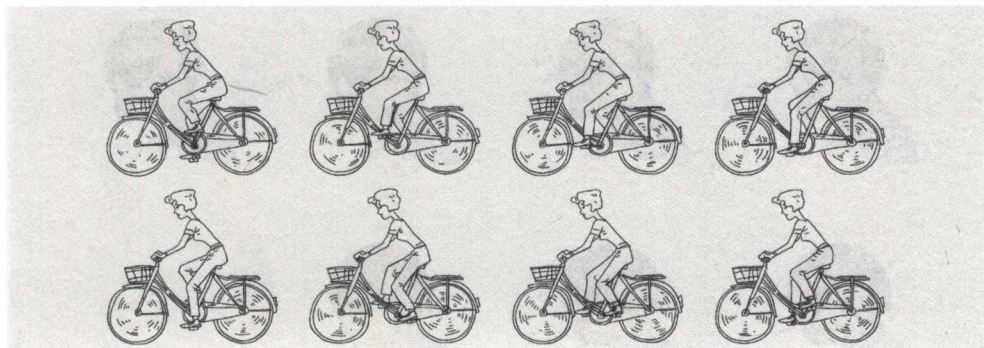
从例子中可以看出,动画中表现某一运动速度的快慢,与表现此运动的中间动画之间的动作距离有密切关系。

在动画片中,表现运动速度变化一般可以归纳为3种状态。

1. 匀速运动

一个动作在整个运动过程中始终保持相同不变的速度和节奏,这种“平均速度”的运动称为匀速运动。如钟表指针的转动、工厂中机器运转和工作中的传输带,等等。

匀速运动在动画中表现的方法是,两张关键动态原画之间的所有中间动画距离完全相等,拍摄格数也相同。如表现骑自行车的循环动画,脚踏踏板的8个位置平均分配,如图7所示。



匀速的运动状态表现出稳定、源源不断的力和不变的节奏。实际上，在动画中的表现运动很少呈现匀速的情况，运动要有速度和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，而力的增强与消减合理地反映了空间环境、人们情绪等各种复杂的情况变化。

2. 加速运动

物体的运动由慢到快，就是加速运动。

加速运动在动画中表现为两张关键画之间所加的中间画距离间隔并不完全相等，而是由小间隔到大间隔地变化着，表现出来的物体运动速度就是由慢到快，如图 8 所示。

中间画的间隔距离越近，需要的张数就越多，运动速度就越慢；反之，速度就越快。这个关系在后面的章节中会详细介绍。

依据物理学的原理，一个有一定质量的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，就会产生重力加速运动，也就是下落物体的速度会越来越快，如图 9 所示。

另外，人和动物之类的生命体在受到外界的突然刺激后，大都会有一个加速运动的变化，这个变化或者主动，或者被动。比如，田径运动员在听到发令枪响后的起跑；小动物受到惊吓之后的逃跑等等，都是加速运动的表现。

在动画片中，凡是表现使用力量较大、动作激烈的某些运动，强调力的爆发、力的增长，速度均为由慢到快，都适合运用加速度的表现方法，如图 10 所示。

8

小女孩由慢到快的抬头

