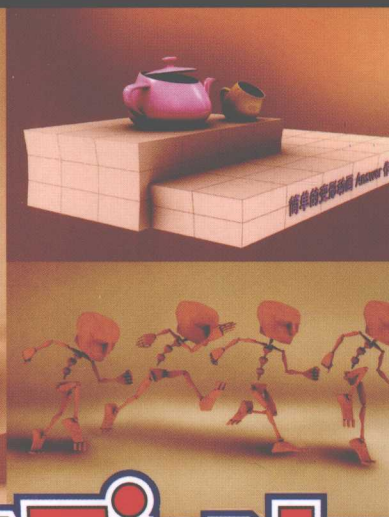
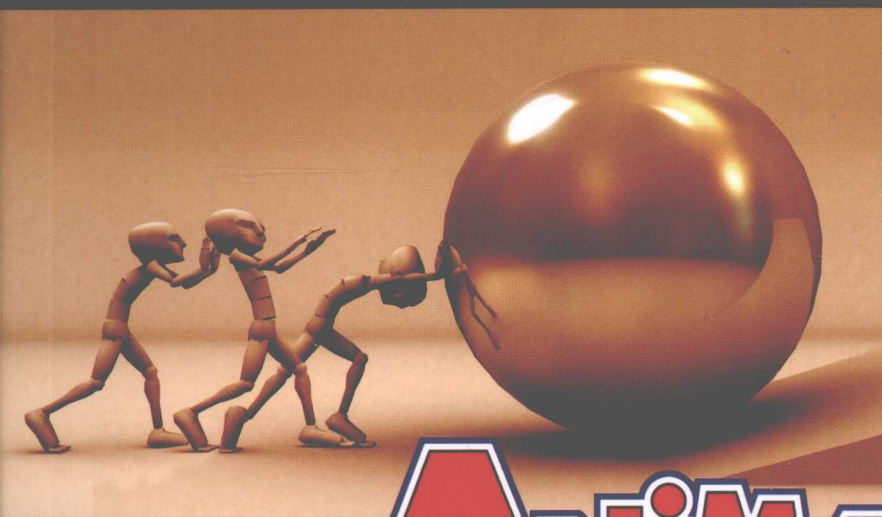
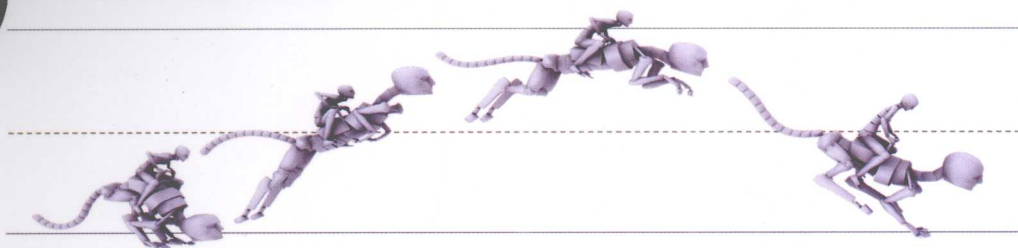




北京电影学院动画艺术研究所
Beijing Film Academy Animation Art Research Institute

北京电影学院动画艺术研究所推荐优秀动漫游系列教材



ANIMATION

3D动画运动规律

孙 进 著
孙立军 审订

中国科学技术出版社

3D动画运动规律

孙 进 著
孙立军 审订



中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

3D动画运动规律/孙进 著. —北京: 中国科学技术出版社, 2009
(优秀动漫游系列教材)

ISBN 978-7-5046-5311-6

I .3... II .孙... III .三维-动画-制作-教材 IV .TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第170014号

本社图书贴有防伪标志, 未贴为盗版

作 者 孙 进
审 订 孙立军

策划编辑 肖 叶
责任编辑 杨朝旭
封面设计 阳 光
责任校对 张林娜
责任印制 安利平
法律顾问 宋润君

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街16号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

开本:700毫米×1000毫米 1/16 印张:13.25

插页:4 字数:240千字 配CD一张

2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5046-5311-6/TP·364

印数:1-3 000册 定价:59.00元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)



目 录

第一章 了解运动

第一节 运动现象的产生	1
第二节 视觉暂留与记录运动的方式	2
第三节 了解运动的规律性	5
第四节 运动的美感和韵律	6
第五节 运动的特性	9

第二章 运动规律入门

第一节 运动的几个基本概念	21
第二节 给物体赋予自然属性	38
第三节 综合练习	59

第三章 二足角色动画

第一节 了解二足角色的基本运动	65
第二节 下肢运动	70
第三节 加入躯干的动画	95
第四节 加全身动画	108

第四章 表情动画

第一节 用Morpher工具来实现表情控制	132
第二节 Character Studio骨骼的蒙皮	145
第三节 表情入门练习	164
第四节 喜、怒、哀、愁和恐惧	167
第五节 角色的口形动画	178

第五章 四足动物和其他的角色运动

第一节 了解四足动物的运动规律	183
第二节 鸟类的运动特点	190

结束语	197
-----------	-----

特别感谢	200
------------	-----

第一章 了解运动

第一节 运动现象的产生

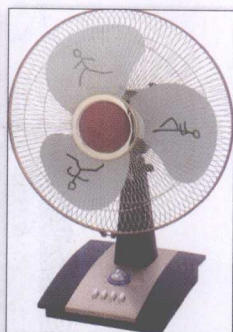
很多人一看到这个标题，一定会觉得我又要老生常谈了。我会不慌不忙地坐下来，从远古的岩洞壁画中讲起。不会从这儿开始的，请你们放心，我会从更远古的地方讲起。呵呵，和大家开个玩笑。动画本来就该是个好玩的事，所以不要一脸凝重地像学哲学或历史一样开始。

相信喜欢动画的朋友小时候都做过同样的一件事，就是在厚书的边角上画上许多的小人或是长长短短的线条。然后快速地翻动，就会看到书角上的小人活动了起来，在书的角落上翻腾跳跃。这也许是你几堂课甚至是几十堂课不听讲课的杰作。看着这些杰作，也许你还会得意地笑出声来，同时招来老师的一顿叱喝。虽然挨了批评有些扫兴，但看着自己创作的第一个“动画”作品，你还是不由地欣喜若狂。这个经历也许是大多数朋友第一次接触动画运动的经历。

不知道有没有朋友认真考虑过，为什么画在书的角落上，翻动起来会产生运动的错觉？为什么在一条纸带上画上连续的运动，然后快速地拉动纸带，纸带上画的东西却不能像电影一样连贯起来呢？如果纸带这个实验你没有做过，那我给你举一个更生活化的例子，当你看电风扇的扇叶旋转时，为什么只能模糊地看到一个旋转的圆盘，而不是看到每片叶片上连续活动的图案呢？你可能会说，这有什么稀罕，运动太快就看不清楚了嘛。可关键的问题在于，书页的翻动速度也足够快，为什么你看到了书页间绘制的小图了呢？设想一下，假如你在每一个叶片



手翻书



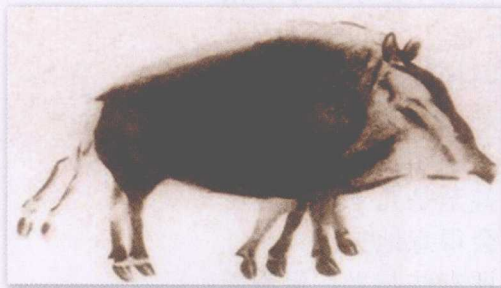
电扇



3D动画运动规律

上画上一张画，当电风扇旋转时，你能看到这种连续的运动吗？好像…也许…说不清楚了。有点意思了吧，这是个很有趣的运动现象，它来自于眼睛对外界的感知方式。

人们在很早的时候就对眼前的运动很感兴趣，总设法把它记录下来，因此自然而然地就出现了岩洞上奔跑的野兽和陶罐上舞蹈的小人，人们总是凭借着记忆把运动过程中某些印象最深的片段勾画出来，姿势有时记录是正确的，有时记录是不正确的。但随着年久日深的观察，人们逐渐发现，那些能印在头脑中的姿势都是运动保持相对稳定的部分，而那些容易画错的姿势，往往处于较为剧烈的运动之中的姿势，在人的头脑中是以关键姿势的方式来定义一整段动作的。



岩壁绘画·奔跑的野猪

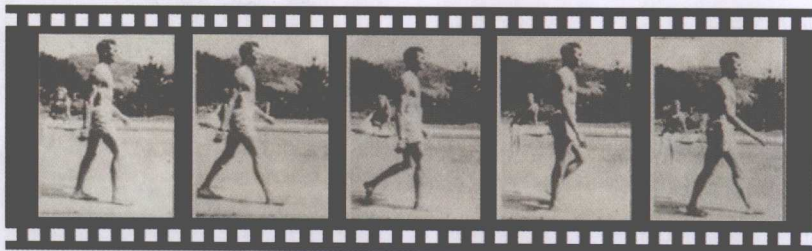


彩陶

下面，我们就来仔细地分析一下，人的眼睛为什么会这样来感知运动，以及如何诞生了我们现在习以为常了的现代的运动记录方式的。

第二节 视觉暂留与记录运动的方式

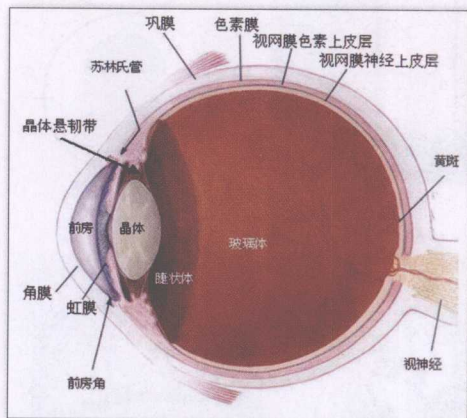
人的眼睛记录影像，像我们用到的拍摄电影的摄影机一样，是以每秒记录下多少个静态画面的方式来储存信息的。在摄影机上叫做摄影频率；而在人的视觉神经上，叫做视



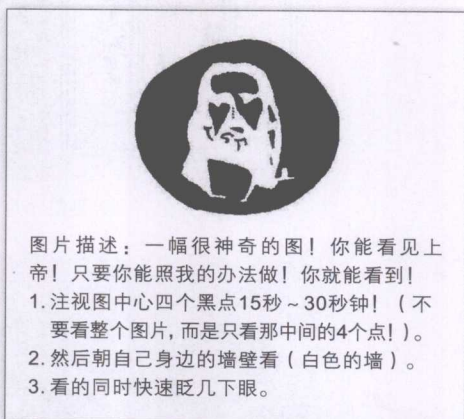
觉暂留现象。在这里，我先用比较规范的学术语言把视觉暂留这一原理给大家描述一下，面对科学就要严谨一点嘛。

视觉暂留现象 (Visual staying phenomenon, duration of vision)

人眼在观察景物时，光信号传入大脑神经，需经过一段短暂的时间，光的作用结束后，视觉形象并不立即消失，这种残留的视觉称“后像”，视觉的这一现象则被称为“视觉暂留”。视觉实际上是靠眼睛的视网膜成像，感光细胞感光，并且将光信号转换为神经电流，传回大脑引起人的视觉反应。感光细胞的感光是靠一些感光色素，感光色素的形成是需要一定时间的，这就形成了视觉暂停的机理。这里有一个小实验非常有趣，你可以盯着书本上的视觉暂留原理验证图片看上几十秒钟，具体方法按图下方的说明，你就会感受到视神经中产生的视觉暂留现象了。



眼球结构图



视觉暂留原理验证图片

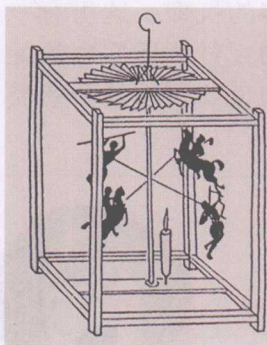
这种暂留的时值约是二十四分之一秒，是动画、电影等视觉媒体形成和传播的根据。

值得高兴的是视觉暂留现象首先是被中国人发现的，走马灯是有历史记载最早的视觉暂留的运用。宋代已有走马灯，当时称“马骑灯”。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。

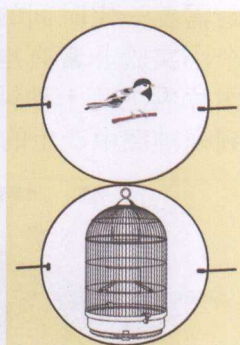
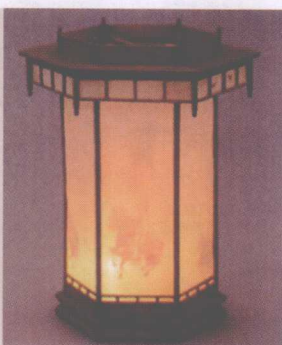


3D动画运动规律

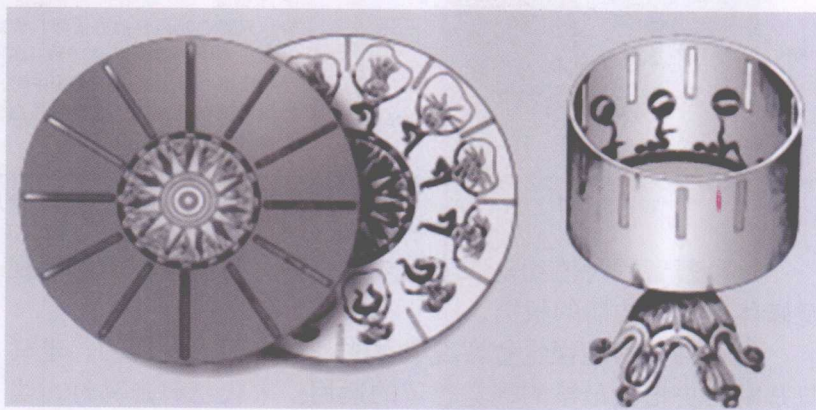
随后，欧洲一些具有探索精神的人不断尝试和探索，表现运动的机械日臻完善。不但出现了转盘方式再现运动的魔盘，还有用滚筒方式来观看动画的转桶。1874年，法国的朱尔·让桑发明了一种摄影机。他将感光胶片卷绕在带齿的供片盘上，在一个钟摆机构的控制下，供片盘在圆形供片盒内做间歇供片运动，同时钟摆机构带动快门旋转，每当胶片停下时，快门开启曝光。让桑将这种相机与一架望远镜相接，能以每秒一张的速度拍下行星运动的一组照片。让桑将其命名为摄影枪，这就是现代电影摄影机的鼻祖。之后爱迪生又对摄影机进行了极大地完善，基本上形成了现代摄影机的雏形。



走马灯示意图



鸟和笼子



魔盘和转桶

通过上述的描述，我们不难发现，在人类不断地努力下，终于在100多年前找到了有效的记录运动的方式。通过这种记录方式，人们又反过来检验人脑是如何记录运动的，



力图真实地还原人脑对物体运动的反应。从而诞生了现代的动画技法，产生了keyframe（关键点）的概念。它是运动在人头脑中标下的刻度。另外人们还发现，匀速、连续运动的物体，当速度运动超过 $1/24$ 秒时，是不能被眼睛识别的。也就是前面提到的，风扇匀速旋转时，我们不能够看清叶片的原因。如果想看清楚页面上的连续的画面，需要满足一个条件，即在叶片经过人眼前时，至少要有 $1/24$ 秒的停顿。超过这个速度的运动，人眼睛几乎就看不到了。所以我们透过旋转的风扇叶片，就看到了它后面的东西，而当电扇不旋转时，我们的视线就会被叶片遮挡的原因啦。是旋转让叶片变得“透明”了。

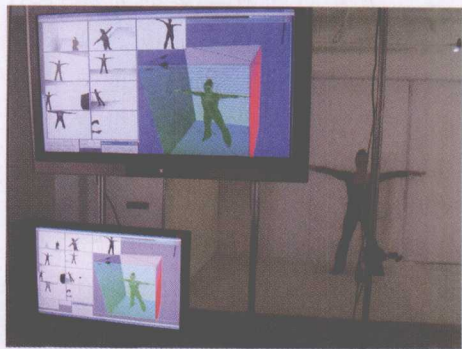
不仔细研究不知道，我们习以为常的视觉会有这么多的小秘密。而动画的奥秘也藏在其中，所以在学习运动规律前，一定要先来了解这些内容。让我们从心里和本原上对动画概念有个准确和清晰的认识，这对我们以后的学习非常有帮助。不要认为这是老生常谈哟，不要做一个连动画产生的基本原理都搞不明白的动画师！

第三节 了解运动的规律性

通 过上一节，我们了解了动画产生的基本原理。有的读者朋友可能会问，运动就是划过人眼睛的光学信号的记录，这种东西有什么规律可循吗？

这是一个聪明的问题。在自然界中，运动其实是不规则的。没有两片完全相同的树叶，也就不可能有两个完全相同的

姿势。如果将来你有过动作捕捉的经验，从捕捉的文件中我们就能看到这个特点。但人脑在对动作进行记忆存储时，会对信息做必要的提取和概括。由此就产生了一定的规律性。人脑会忽略掉诸多没有太



动作捕捉



多意义的细节。而强化关键点的规律性。这表现在动画中尤为重要。它让我们明白了，人们在观看一个角色的运动特征时，看到的不是某一个静止画面的细节动作，而是，诸多关键点连续起来而形成的一种有规律性的特征。也就是说，我们在观察一个动作时，不要只记录下这一姿势或那一姿势，我们更要注重的是观察关键点之间的间隔长度和变化的节奏，以及感受一组动作所产生的韵律。这一角色和那一角色最大的区别便在这不同节奏、韵律的运动规律上，这是我们学习动画真正的精华所在。

在动画中，运动是有规律的。不但有规律，而且这种规律还是动画师用来创作生灵的重要的工具！

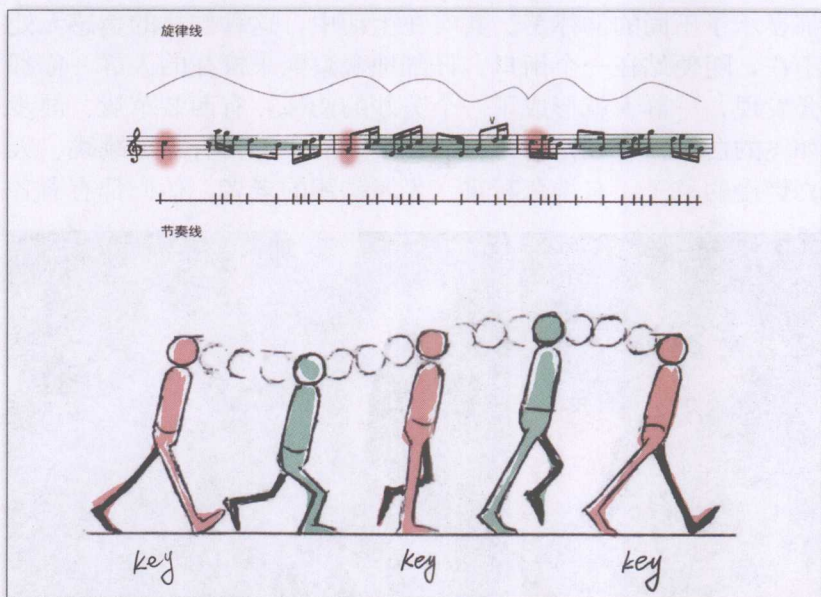
■ 第四节 运动的美感和韵律

如果说，文学家能够体会到文字的美感，雕塑家能够体验到形体的美感，摄影师能察觉到一般人不会注意的光影的美感。那么动画师也具有着自己独特的能力，那就是能解读运动的独特的美感。

运动的美感，在生活中我们并不陌生。比如一段芭蕾会给观众带来高雅清新的感觉，一段恰恰舞会营造出热烈奔放的气氛，一场拳击比赛又会让我们的热血沸腾。这些运动项目都能传递给我们丰富的情感体验。做为一个动画师，我们的体验会更加地丰富和细致入微。我们体验到的东西会远比这些更深入。我们会注意到生活中不易为人所察觉的运动特征，比如这个人走路和那个人走路的不同；这个人高兴时的走路和沮丧时的又不相同；这个人年轻时和年老时走路还不相同；甚至这个人去上班和去菜市场走路也不相同。通过准确的观察，我们了解到这些差异，反过来，我们又把这些差异诉诸笔端，用形象夸张的动作来表现人物的内心世界。当你能生动准确地表现出一个鲜活的角色时，你便会深深地体会到这种动作本身带来的美妙的感觉。

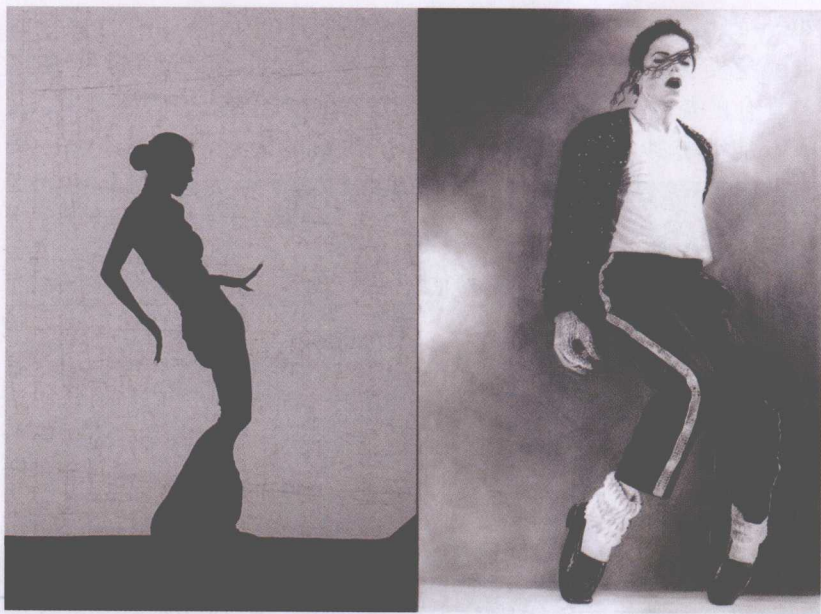
动作的美感是建立在动作的韵律基础之上的。所谓韵律可以用两段线条来表现。一条表现的是节奏的美感，一条在节奏之上，表现为一个平滑但起伏的律动。从音乐的角度来看，即是音符的长短构成节奏，音符的高低起伏形成旋律。运动也是





关键帧的概念

如此，动作细节的快慢构成动作的节奏，动作的幅度形成一种律动，合在一起便形成了动作的韵律。说到这里，大家可能都会立即联想到舞蹈，杨丽萍的孔雀舞，杰克逊的太空滑步，

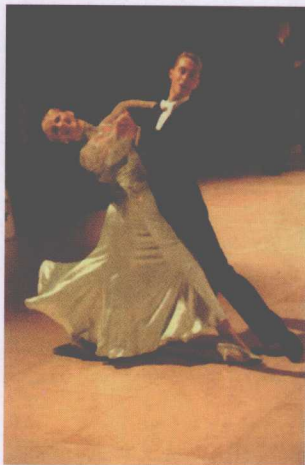


(动作韵律和美感-1) 杨丽萍与杰克逊



3D动画运动规律

都显示了不同的韵律美。其实在生活中，这种韵律的美感无处不在，随便站在一个街口，仔细地观察熙来攘往的人群，你都会发现，一群人就形成了一个美妙的韵律：有西装革履、健步如飞的白领，有风摆杨柳、婀娜多姿的少妇，有蹦蹦跳跳、天真烂漫的孩子，有神色凝重、步履蹒跚的老者，他们都有着各



动作韵律和美感-2

自不同的“音色、音高和节奏”。设想一下他们的运动是否有一个乐队演奏出的音符呢？如果这时刚好再路过两个身穿制服、身姿挺拔的巡警。我们的耳边是不是似乎响起了，穿透这“复合的旋律”的清脆的“小军鼓”的声音呢？想象一下，这是不是很美妙？这些人群中的不同风格的运动组合在一起，形



生活中的交响乐



成了一段交响乐，或和谐流畅，或潜藏着躁动，编织出丰富悦目的韵律。

说到这里，我想抒发些感慨，我认为作为一名艺术家是幸福的，他能够看到常人看不到美好，也能体悟到常人无法感受的情感。我们有幸做一个从事艺术职业的人，应该感谢造物之神明，他让我们借助眼睛、心灵和双手，体验到了生命复杂而美妙的感觉，他让我们在一堆杂草中看到了美丽的线条和颜色，他让我们在一扇窗子中看到了一幕幕的悲欢与离合。就像是《阿甘正传》中，阿甘独自一个人跑过漫长的旅程，他看到了碧蓝的天空中低垂着的星星和清冽的湖水中泛起的波纹。很多人都追随着一路奔跑，却没有几个人能体会得到。如果我们能把这种体验诉诸于我们的画笔或电脑，我们的生活就真的完美无缺了，有了“上帝之手”，我们还有什么遗憾呢？

画家要学会用画笔捕捉一根线条的美感。动画师们，让我们睁开我们的眼睛，学会用心来捕捉一段传神的动作吧！

第五节 运动的特性

前面我们一直在从感性的角度来认识运动，当我们准备着手来表现一个运动时，光有宏观的认识是远远不够的。我们需要静下心来，从理性的角度来仔细地分析运动的特征是什么？有哪些值得我们注意和努力钻研的东西。下面我们就展开来，认真地分析一下，在表现运动时，我们要注意它的哪些特性。

一、运动的keyframe（关键点）概念

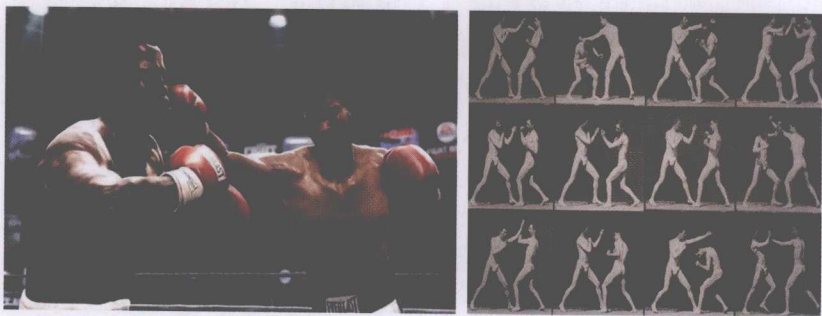
在前文中，我不止一次地提到了keyframe(关键点)的概念，在这里，我们要来仔细地研究一下，关键点到底是什么，在一段运动中，关键点起着什么样的作用。如何分析和抓住动画中的关键点。在三维动画中关键点意味着什么，动作调节的重点在哪里？

下面我们就来一一做出解答。

首先，人脑记录下一段动作后，会为此动作贴上几个容易识别的标签，这个标签也就是动作过程中最为典型的几



个动作，再现这段动作时，大脑立刻会反应出的就是这几个标志性的动作。这个过程并不难理解，回想一下，当我说到拳击时，你的头脑中立刻会闪现的画面是什么？想一下，是不是我们常常在电视或杂志上看到的最典型的几个动作，即预备姿势、挥拳姿势和击中对手的姿势？再举一个例子，当



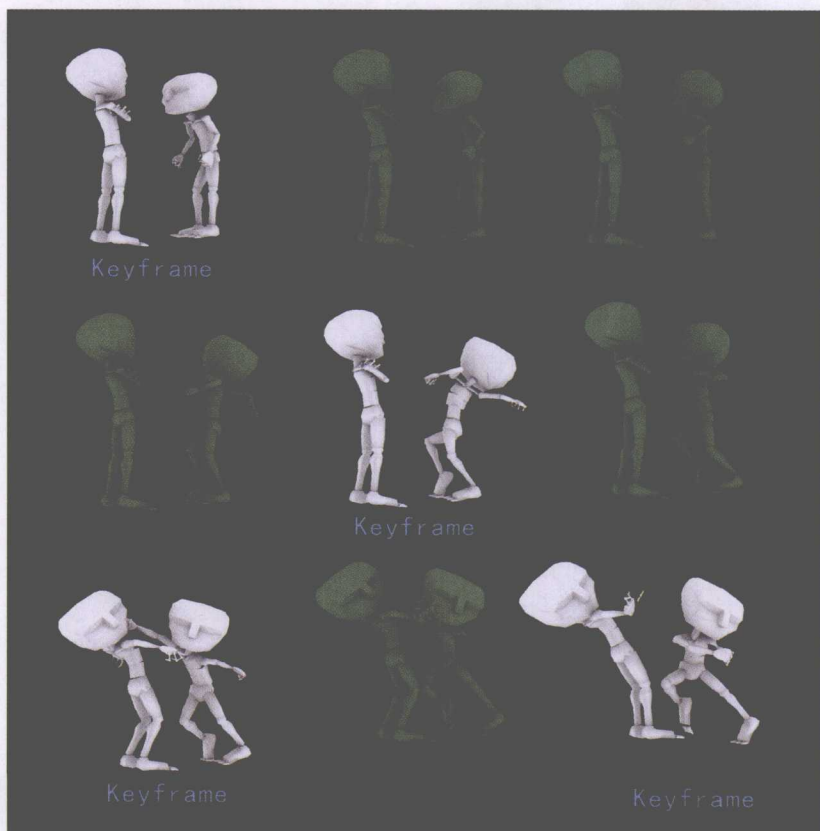
拳击比赛

我们说到睡觉这个动作，你的头脑中只会出现一个画面，就是一个人平躺着的动作。这又是为什么？这就说明了人脑在记录动作时的重要特点，就是人脑会检索变化比较大的关键性动作。当人在拳击时，为了攻击对手，运动员要做一个完整的储备力量、发出力量和击中对手的过程。这几个阶段在人的头脑中形成了记忆的标签，而中间的过程就被记忆省略了，只用间隔时间的长短来填充，在动画中叫做spacing（间隔）。而人在记录睡眠这个动作时，很简单啦，因为人在睡眠时长期保持一个姿势，所以大脑就会给这个动作打上一个标签——平躺着。这是普通人对动作的记忆，做为一个动画师，要做的可绝非仅仅如此。一个动画师要具备主动的动作分析能力，要有意识地观察和提取动作记录的标签，要了解每个标签的具体的表意功能。要了解每个关键的pose（姿势）对整个一段动作起到什么样的支撑作用。同时还要对pose与pose之间的间隔的长短做出判断，了解间隔对这个动作流的影响，体会时间在动作表达中的重要作用。这是做为一个动画师必须掌握的职业素养，也是我们接下来学习的重点。

那么这些做为动作关键点的标签对一段动作到底起着什么样的作用呢？这是表现或再现一段动作时所需要搞清楚的首要问题。对于一个动画师来说，只会观察是远远不



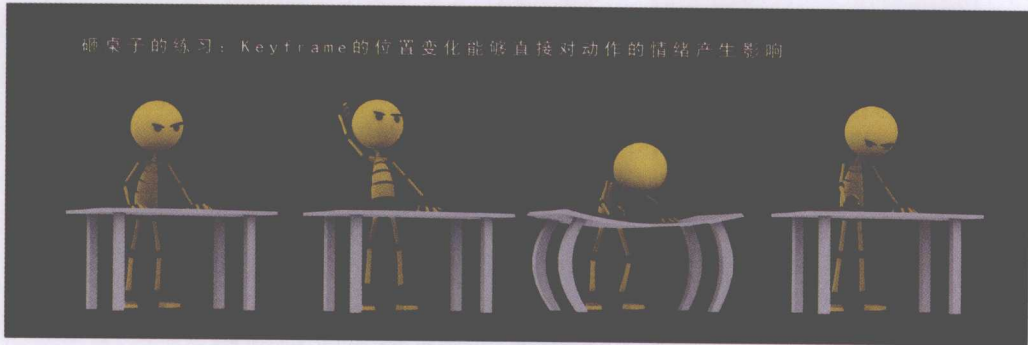
够的，尽管会观察是我们从事这个行业的先决条件。然而，我们要具备的更重要的能力是如何表达或创作一段动作。在表达一段动作时，我们创作的基本的材料是什么？就是我们对keyframe（关键点）和spacing（间隔）的理解和把握！我们通过观察，了解到keyframe在动作中所起到的作用以及keyframe和spacing的关系，再通过我们自己的理解，创造性地把它运用出来，我们创作的动作就产生啦！当然要想创造，首先是对它深刻的理解，这是我们准备做动画师主修的功课。在以后的课程中，我们会用大量的篇幅来讲到这些内容。在这里我们可以先举一个小小的范例，来说明一下keyframe与spacing在创作动作时的作用。我们使用了相同的节奏，即spacing（间隔）相同，但keyframe不同，我们得到了完全不同的两个性格的动作，练习后面的部分是keyframe



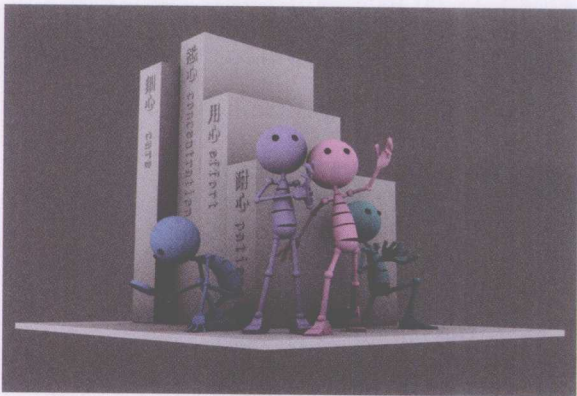
运动的Keyframe（关键点）概念



砸桌子的练习：Keyframe的位置变化能够直接对动作的情绪产生影响



砸桌子



细心、悉心、用心、耐心

相同，但spacing不同，我们又得到了不同情绪的动作。由此我们可以看到，keyframe和spacing在一段动作的表现中起到了怎样的作用。它们是一门语言，是一段动作表达的“语法”。细心地观察，悉心地体会，用心地创作，耐心地表达，在我们的手里才能诞生出优秀的动画作品来。这四个“心”字，我们一块共勉吧！

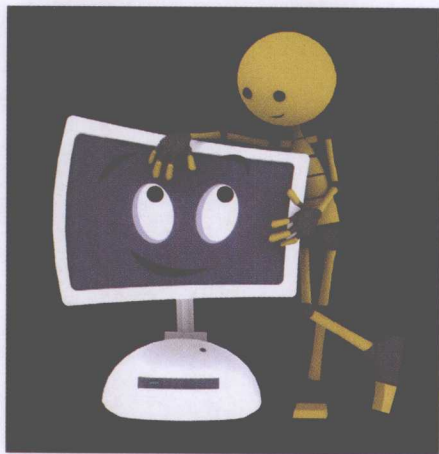
下面再来谈谈，在三维软件中，我们表现动作的思路是什么，关键点在三维软件中如何体现。

三维动画软件的开发，为动画带来了划时代的革命，甚至冲击了人们以往对动画定义的概念。随着电脑运算能力的提高和动画软件的日益成熟，我们无数梦中的场景，逼真地再现于眼前，这些梦幻的场景又唤起了无数有志者的梦想，抱着这些梦想，我们走进了电子时代的动画王国。

三维软件在视觉领域的创新自不必说，在运动的表达上主要是从三个方面提高了动画制作的效率。一是自动计算关键点间的过渡。二是可以复制和修剪的标准动作模板。三就是动作的捕捉。在这里，我们主要探讨前两个方面。关键点的过渡，极大地减少了动画制作的工作量，通过计算，电脑可以自动地为两个关键点之间加入均匀的或是渐快或渐慢的中间张，让我们的动画创作者从繁杂的机械劳动中解放出来，可以专心地投



人到创作当中去。尽管电脑也不是那么好脾气的员工，要让它听话地工作也要颇费些功夫，但它的效率实在是太高了，24小时准确无误的工作，让许多动画师心里乐开了花。所以在我们学习的时候遇到一点小挫折，遇到一点小的不如意，千万不要抱怨它。它是一位优秀的“员工”，我们要主动地去亲近它和了解它。



和电脑交朋友

在三维软件中，制作动画的方法多种多样，有通过物理量的数值来模拟现实的动力学系统和参数化控制的粒子系统，它们主要用来制作真实的特效。它们也需要你对运动的规律有所掌握，但更多的是依赖电脑进行的模拟运算来解决。有脚本和表达式来控制的一些有物理性质的运动。如：汽车在路面上颠簸，车内的物体也随之晃动，等等，这些有自然规律的运动，用程序来控制，既简便，效果又真实。还有就是本书重点要讲述的，keyframe（关键点）动画了。国内的同行们习惯称之为“剋帧”动画。“剋帧”这两个字太形象了，就如同我们用一把刻刀，在时间线上雕刻一样。剋出我们需要的帧，去掉所有多余的部分，最后剩下的就是我们调制的精美的动画了。“剋帧”动画的技术含量并不复杂，但艺术的含量却极高。优秀的程序设计者，生产出强大的三维软件，自己却不能做出精美的艺术作品，只能拱手让给动画艺术家们，就如同一把世间罕有的宝剑只会佩戴给武林高手，而不是铸剑人一样，我们是不是感到有些骄傲呢？

在本书中，我们主要就讲解“剋帧”动画。“剋帧”动画也并非只有一种方式。各个软件拥有着各自的技术特点。但不管软件有何不同，一般来说都是采用以下两种步骤来进行调节：首先是pose to pose 的方式进行关键帧设置，pose to pose顾名思义就是从姿势到姿势，把动作中的每一个关键点概括为一个特征明确的姿势，在把这些姿势逐一连起来；然后进入运动曲线的调节方式来对关键帧之间的节奏（Timing）进行调节，让动作或快些，或慢些，或幅度更大

