

艺术设计专业系列丛书  
“互联网+”新形态一体化教材



DONGHUA YUNDONG GUIÜ

# 动画运动规律

王倩 孙荟 主编

 中国美术学院出版社

责任编辑：孟海江  
执行编辑：周 赟  
特约编辑：张荣昌  
图书制作：宏图文化  
装帧设计：宏图文化  
责任校对：李 颖  
责任出版：张荣胜

#### 图书在版编目（C I P）数据

动画运动规律 / 王倩, 孙荟主编. -- 杭州: 中国美术学院出版社, 2022.2 (2025.8 重印)  
ISBN 978-7-5503-2638-5

I . ①动… II . ①王… ②孙… III . ①动画 - 绘画技法 IV . ①J218.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 194796 号

## 动画运动规律

王 倩 孙 荟 主编

出 品 人：祝平凡  
出版发行：中国美术学院出版社  
地 址：中国·杭州南山路 218 号 / 邮政编码：310002  
网 址：<http://www.caapress.com>  
经 销：全国新华书店  
印 刷：北京荣玉印刷有限公司  
版 次：2022 年 2 月第 1 版  
印 次：2025 年 8 月第 4 次印刷  
印 张：10.25  
开 本：889 mm × 1194 mm 1/16  
字 数：269 千  
印 数：13001 — 18000  
书 号：ISBN 978-7-5503-2638-5  
定 价：62.00 元

著作权所有·违者必究



# 前言

PREFACE

从动画片制作方式的角度来说，动画可以分为二维动画、三维动画、材料动画三大类。无论通过哪种动画方式进行创作，动画运动规律都是必须掌握的基础知识。很多初学者觉得，只要不是用笔在纸上画出来的动画，动画运动规律就不重要，这是一个很大的误区。因为在三维动画中，角色动画和特效部分都需要严格按照运动规律中的力学原理和角色运动规律，以及自然现象的运动规律进行动作调制；而在材料动画中，模型的摆拍、特效的制作也同样需要根据动画运动规律的基本原理来设计偶型的运动。所以，无论从事哪种制作方式的动画，都需要掌握动画运动规律的知识。

随着社会的发展和科技的进步，动画所涵盖的范围已经不仅仅是动画片那么简单了。随着“泛动画”时代的到来，动画的概念被极大地拓宽。不仅仅是动画片，就连商业动画、游戏设计、交互设计、数字出版、影视特效等相关艺术形式也属于“泛动画”的范畴，其中同样需要设计虚拟角色或图形、图像的运动。所以，动画运动规律知识在这些艺术形式中起到了基础性的支撑作用。

动画运动规律是培养符合影视动画创作及动态设计相关专业需求的、具有一定实践能力和创造能力、具有较高审美艺术修养的实践型与创新型人才的基础课程，旨在让学生系统地了解动画的创作流程，并在进入动画创作与实践课程之前打好专业基础。希望本教材的出版能为从事动画专业学习和工作的人们提供一定的帮助！

王倩

2021年春

# 课程计划

CURRICULAR PLAN



章 名	章节内容	课时分配	
第一章 动画运动规律基础理论	第一节 动画运动初探	1	9
	第二节 动画的创作流程与绘制工具	2	
	第三节 动画的时间、空间、速度与节奏	2	
	第四节 动画的力学原理	4	
第二章 动画运动规律项目训练	第一节 人或拟人化角色的行走运动规律	12	52
	第二节 人或拟人化角色的奔跑与跳跃运动规律	12	
	第三节 人或拟人化角色的表情与口型运动规律	8	
	第四节 动物的运动规律	12	
	第五节 自然现象的运动规律	8	
第三章 动画运动规律作品赏析	第一节 经典动画运动规律作品赏析	2	3
	第二节 学生动画运动规律作品赏析	1	

备注：本课程由课堂讲授、课堂示范、实践辅导三部分组成。动画运动规律属于实践型较强的课程，教师需在学生理解理论知识的基础上，通过课堂示范环节使学生看到不同物体运动的基本规律及其创作方法与步骤，并在实践辅导环节让学生进行实际操作，针对每名同学的作业进行具体指导。

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>动画运动规律基础理论</b>	1
<b>第一节</b>	<b>动画运动初探</b>	2
一、“动”的初探	2	
二、“视觉暂留”现象	3	
<b>第二节</b>	<b>动画的创作流程与绘制工具</b>	6
一、动画片的创作流程	6	
1. 动画前期	6	
2. 动画中期	7	
3. 动画后期	7	
二、原画与中间画	7	
1. 原画	7	
2. 中间画	9	
三、动画的绘制工具	10	
1. 动画纸	10	
2. 定位尺	10	
3. 笔、橡皮	10	
4. 透光台	11	
5. 规格框	12	
6. 摄影表	12	
7. 镜头袋	13	
8. 动检仪	14	
<b>第三节</b>	<b>动画的时间、空间、速度与节奏</b>	15
一、动画的时间	15	
1. 帧	15	
2. 镜头	15	
3. 拍制	15	
二、动画的空间	15	
三、动画的速度	16	
1. 匀速运动	16	
2. 加速运动	17	

	3. 减速运动 .....	18
	四、动画的节奏控制 .....	19
<b>第四节</b>	<b>动画的力学原理 .....</b>	<b>20</b>
	一、作用力与反作用力 .....	20
	1. 作用力 .....	20
	2. 反作用力 .....	20
	二、力的传送 .....	20
	1. 力通过活动关节传送 .....	20
	2. 力通过有关节的肢体传送 .....	21
	三、惯性运动 .....	23
	1. 惯性的基本原理 .....	23
	2. 惯性与质量的关系 .....	23
	3. 惯性运动在动画片中的应用 .....	24
	四、弹性运动 .....	25
	1. 弹性运动的基本原理 .....	25
	2. 湿面团理论 .....	26
	五、曲线运动 .....	27
	1. 曲线运动的基本原理 .....	27
	2. 曲线运动的类型 .....	27
	六、动作的预备、停顿与循环 .....	29
	1. 动作的预备 .....	29
	2. 动作的停顿 .....	31
	3. 动作的循环 .....	32
	七、跟随运动 .....	34
	1. 跟随运动的含义 .....	34
	2. 跟随运动在动画中的运用 .....	34
<b>第二章</b>	<b>动画运动规律项目训练 .....</b>	<b>37</b>
<b>第一节</b>	<b>人或拟人化角色的行走运动规律 .....</b>	<b>38</b>
	一、课程概况 .....	38
	1. 课程内容 .....	38
	2. 训练目的 .....	38
	3. 重点和难点 .....	38

4. 作业要求 .....	38
二、设计案例 .....	38
1. 理查德·威廉姆斯的人行走运动规律 .....	38
2. 学生创意作品案例 .....	41
三、知识点 .....	42
1. 人体结构及动态线 .....	42
2. 人行走的基本规律 .....	43
3. 行走节奏的设定 .....	45
4. 个性化的行走 .....	46
四、实践程序 .....	50
1. 理解课题 .....	50
2. 分析角色 .....	50
3. 设定行走节奏 .....	50
4. 设计动作 .....	50
5. 绘制草图 .....	51
6. 修正草图 .....	51
7. 绘制正稿 .....	51
五、拓展链接 .....	53
1. 相关图书资料 .....	53
2. 相关网站资料 .....	53
3. 相关动画艺术家 .....	53

## 第二节 人或拟人化角色的奔跑与跳跃运动规律 .....

一、课程概况 .....	54
1. 课程内容 .....	54
2. 训练目的 .....	54
3. 重点和难点 .....	54
4. 作业要求 .....	54
二、设计案例 .....	54
1. 大师设计案例 .....	54
2. 学生创意作品案例 .....	56
三、知识点 .....	58
1. 人奔跑的基本规律 .....	58
2. 人跳跃的基本规律 .....	59
四、实践程序 .....	60

1. 理解课题	60
2. 查找资料与动作节奏分析	60
3. 设定动作节奏	62
4. 绘制草图	62
5. 绘制原画	63
6. 加中间画	63
五、拓展链接	65
1. 相关图书资料	65
2. 相关动画艺术家	65
<b>第三节 人或拟人化角色的表情与口型运动规律</b>	<b>66</b>
一、课程概况	66
1. 课程内容	66
2. 训练目的	66
3. 重点和难点	66
4. 作业要求	66
二、设计案例	66
1. 大师作品案例	66
2. 学生创意作品案例	71
三、知识点	73
1. 人类的面部肌肉解剖结构	73
2. 人的表情及口型运动规律	74
四、实践程序	76
1. 理解课题	76
2. 查找资料及动作设计	76
3. 绘制草图	76
4. 绘制原画和中间画	77
五、拓展链接	78
1. 相关图书资料	78
2. 相关动画艺术家	78
<b>第四节 动物的运动规律</b>	<b>79</b>
一、课程概况	79
1. 课程内容	79
2. 训练目的	79

3. 重点和难点 .....	79
4. 作业要求 .....	79
二、设计案例 .....	79
1. 普雷斯頓·布莱尔的动物动画运动规律 分析 .....	79
2. 学生创意作品案例 .....	81
三、知识点 .....	83
1. 四足爪类动物的运动规律 .....	83
2. 四足蹄类动物的运动规律 .....	87
3. 禽类的运动规律 .....	90
4. 鱼类的运动规律 .....	93
5. 两栖类的运动规律 .....	93
6. 爬行类的运动规律 .....	94
7. 昆虫类的运动规律 .....	95
四、实践程序 .....	96
1. 理解课题 .....	96
2. 设定行走节奏 .....	96
3. 绘制骨骼运动草图 .....	96
4. 检查修改草稿动作 .....	96
5. 绘制原画 .....	96
6. 绘制中间画 .....	97
五、拓展链接 .....	98
1. 相关图书资料 .....	98
2. 相关网站资料 .....	98
<b>第五节 自然现象的运动规律 .....</b>	<b>99</b>
一、课程概况 .....	99
1. 课程内容 .....	99
2. 训练目的 .....	99
3. 重点和难点 .....	99
4. 作业要求 .....	99
二、设计案例 .....	99
1. 大师作品案例 .....	99
2. 学生创意作品案例 .....	101
三、知识点 .....	102

1. 风的运动规律 .....	102
2. 水的运动规律 .....	103
3. 火的运动规律 .....	109
4. 雨的运动规律 .....	111
5. 雪的运动规律 .....	113
6. 闪电的运动规律 .....	114
7. 烟的运动规律 .....	116
8. 云的运动规律 .....	119
9. 爆炸的运动规律 .....	120
四、实践程序 .....	124
1. 理解课题 .....	124
2. 分层 .....	124
3. 设计节奏及律表 .....	124
4. 绘制原画和中间画 .....	125
五、拓展链接 .....	125
1. 相关图书资料 .....	125
2. 相关网站资料 .....	125
<b>第三章 动画运动规律作品赏析 .....</b>	<b>127</b>
<b>第一节 经典动画运动规律作品赏析 .....</b>	<b>128</b>
一、人物动画运动规律赏析 .....	128
二、动物动画运动规律赏析 .....	131
三、大自然动画运动规律赏析 .....	138
<b>第二节 学生动画运动规律作品赏析 .....</b>	<b>141</b>
一、人物动画运动规律赏析 .....	141
二、动物运动规律赏析 .....	149
<b>参考文献 .....</b>	<b>151</b>
<b>后    记 .....</b>	<b>152</b>

# 1



## 第一章 动画运动规律基础理论

本章主要讲解了动画运动规律的基础理论知识，包括动画运动初探，动画的创作流程与绘制工具，动画的时间、空间、速度与节奏，动画的力学原理等知识点。这些知识点是学习动画运动规律必须熟练掌握的基础理论知识。本章所要实现的学习目的是：使学生熟练掌握原画以及动画的画法，动画的时间、空间、张数、速度之间的关系，力学原理在运动规律中的应用，等等，以便为未来的动画创作打好扎实的理论基础。

## 第一节 动画运动初探

从制作技术的角度来说，动画是以人眼的视觉暂留现象为原理，运用绘画或其他造型艺术手段，对创作出来的画面进行逐帧拍摄，使其形成连续影像，并通过多种媒介来传播和表达创作者的思想情感的一种动态艺术表现形式。动画需运用到美术、电影、编剧、导演、音乐、舞蹈、建筑等领域的知识，是一门综合性很强的艺术。

动画的历史非常悠久。回首人类文明的发展历史，透过各种形式的图像我们可以看出，早在原始社会时期，人类就已经开始尝试用画面来表现动物的运动过程。

### 一、“动”的初探

如果仅从画面给人运动的感觉这一点出发的话，动画的起源可以追溯到几千年甚至数万年前。法国考古学家普度欧马（Prudhommeau）在1962年的研究报告中指出，早在两万五千年前，石器时代的洞窟壁画中就已经出现将不同时间发生的动作画在一起的图像，这说明那时候的原始人已经开始关注运动，并有意识地描绘出在日常生活中观察到的动物的运动（图1-1-1、图1-1-2）。同样，古希腊和古罗马的神庙或竞技场的墙壁上也刻画着具有连续动作的人物，当人们走过或骑马飞驰而过时，便会产生一种图画动起来的感觉。



图 1-1-1 早期的动态图像 1

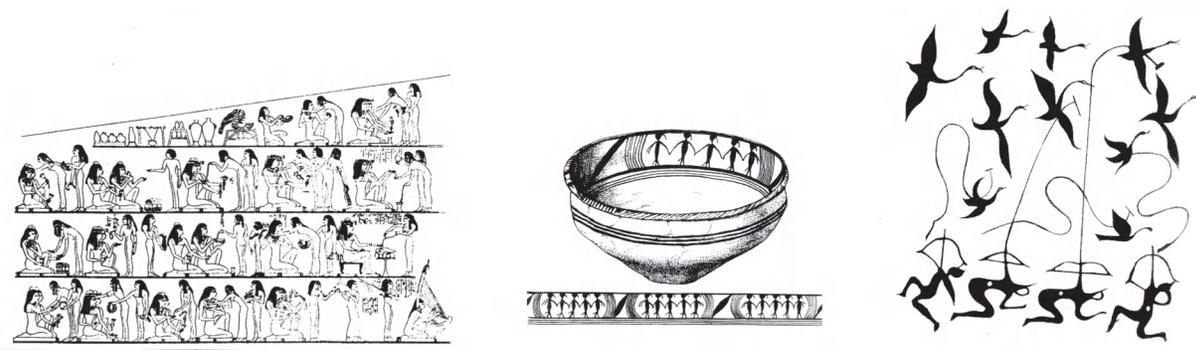


图 1-1-2 早期的动态图像 2

## 二、“视觉暂留”现象

动画、电影等视觉媒体形成和传播的依据是视觉暂留现象 (Persistence of vision), 也叫“余晖效应”。

人眼在观察景物时, 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, 仍然会保留一段时间, 这就是所谓的“视觉暂留”现象。这种现象是由视神经的反应速度造成的。人的视觉实际上是靠眼睛的晶状体成像、感光细胞感光, 并将光信号转换为神经电流传回大脑产生的。这一系列的过程说起来虽然复杂, 却是在一瞬间完成的, 时间为  $1/24$  秒, 这段时间差就产生了“视觉暂留”现象。比如, 我们用力挥舞一根燃烧着的火炬, 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依据。

我们来做一个小实验: 请注视图 1-1-3 中心的四个黑点 15~30 秒, 然后朝自己身边的白色墙壁看去, 看的同时快速眨几下眼睛, 说说你看到了什么?



图 1-1-3 视觉暂留现象实验

人在观看动画片时, 银幕上映出的是一张一张快速播放的画面, 每秒钟要更换 24 张。由于视觉暂留的作用, 一个画面的印象还没有消失, 下一张稍微有一点差别的画面就出现了, 所以动画片的动作看上去是连续的。研究发现, 人眼在观看连续播放的画面时, 每张画面播放的时间不超过 0.3 秒的话,

视觉不会感到不流畅。也就是说, 在绘制动画的时候要保证一秒钟至少画 8 张, 这样视觉上的动作才是流畅的。当然这也不是绝对的。为了保证动作的细腻与流畅, 迪士尼早期的二维手绘动画通常会在一秒内画 24 张画面; 而日本的一些商业动画片为了压缩时间和成本, 会把一秒钟的画面张数缩减到 6 张甚至更少。

在电影和动画没有发明之前, 为了研究动态影像, 早期的人类发明了一系列动态装置。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 (图 1-1-4)。其他国家也相继出现过以视觉暂留现象为依据的装置。

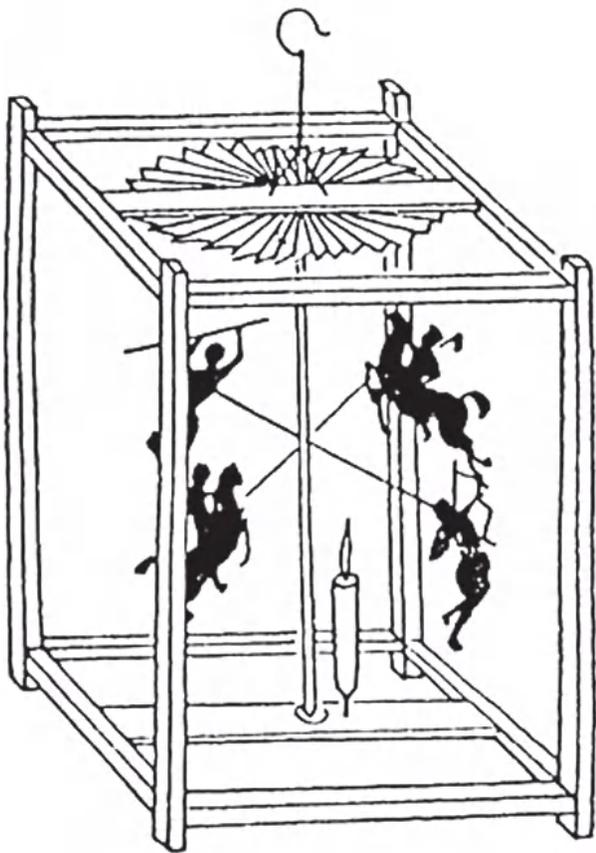


图 1-1-4 走马灯

1825 年, 英国人约翰·帕里斯 (John Parris) 发明了“幻盘”。它是一个两面画着互相关联图画的硬纸盘, 两端打孔系绳, 当硬纸盘很快地转动起来时, 我们就看到硬纸盘两面的图像仿佛结合在一起了 (图 1-1-5)。



图 1-1-5 幻盘

1830年，英国一位著名的物理学家迈克尔·法拉第（Michael Faraday）根据彼得·马克·罗杰特（Peter Mark Roget）的研究，制作出了物理教科书上所说的“法拉第轮”。同年约翰·赫歇尔（John Herschel）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。

1832年，年轻的比利时物理学家约瑟夫·普拉托（Joseph Plateau）发明了一种玩具——“诡盘”（图 1-1-6）。它是电影的最原始形态，也是早期电影的

雏形。这种玩具由固定在一根轴上的两块圆形硬纸盘构成，在前面的纸盘的圆周中间刻上一定数目的空格，后面的纸盘绘上连续运动的画面。用手旋转后面的纸盘，透过空格观看，就使静止的分解图像产生了动感。另一种变体有两个盘片，一张有狭缝，另一张上面有连续运动的画面，当“诡盘”旋转起来时，观者透过前面一张圆盘上的狭缝观看。这样，不需要镜子的反射就可以看到动画了。

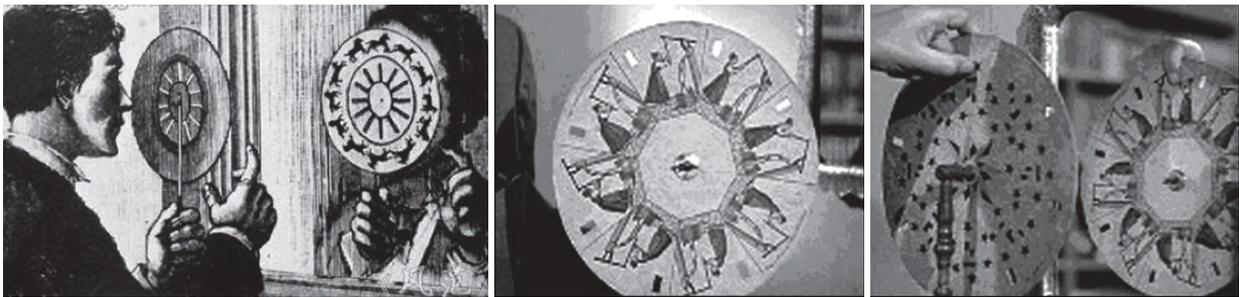


图 1-1-6 诡盘

1834年，英国人霍尔纳（Horner）发明了“走马盘”（Zootrope）。它用圆鼓代替格子盘，圆鼓里附着画有一连串图像的软纸图像带，将一个动作分解

为几个画面。迅速转动圆鼓时，就可以看到分解的画面变成一个完整的运动图像（图 1-1-7）。



图 1-1-7 走马盘

1888年，埃米尔·雷诺（Emile Reynaud）发明了“光学影戏机”。1892年，他使用凿孔的画片带开始放映世界上最早的动画片（图 1-1-8）。至此，动画的雏形终于出现，雷诺被称为动画片的创始人。

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，有赖于照相技术的发明，逐渐产生了真正的活动影片。至此，现代动画及电影产生的理论依据和技术问题都得到了解决，人类经过漫长的发展，对动态图形的初步探索已经完成。

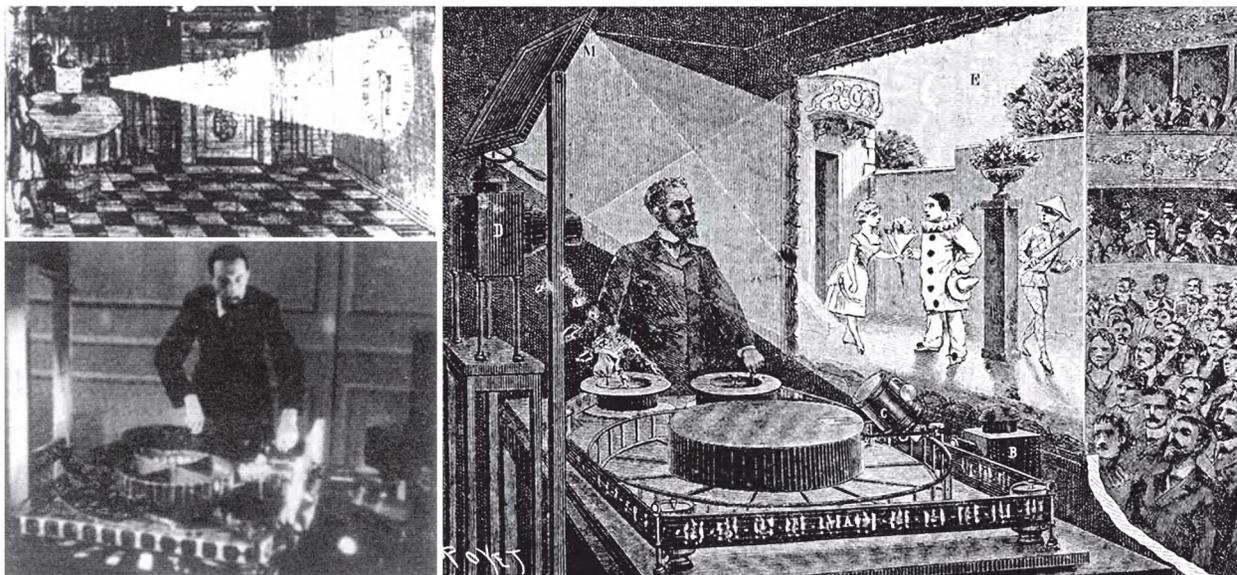


图 1-1-8 光学影戏机

## 第二节 动画的创作流程与绘制工具

动画是一门综合性很强的艺术。动画创作的过程中需要编剧、导演、绘画、设计、建筑，运动规律等知识；后期合成需要剪辑知识、音乐知识和后期软件知识等。因此，动画的特点决定了动画创作工序的复杂性、流程化，需要不同类型的人才加入，需要团队协作、各尽所能。当然，也有一些独立动画人，其整部动画的工作流程都是由作者一人完成的。但是，这种动画大多篇幅较短，主要以实验动画或独立动画为主，旨在探索全新的动画艺术语言，与商业动画的流程不尽相同。

### 一、动画片的创作流程

动画片的制作相当复杂，需要部门的团队协作才能完成。其制作流程可以分为三个阶段——动画前期、动画中期和动画后期，每个阶段中又有若干个环节（图 1-2-1）。下面针对每个阶段展开详细的介绍。

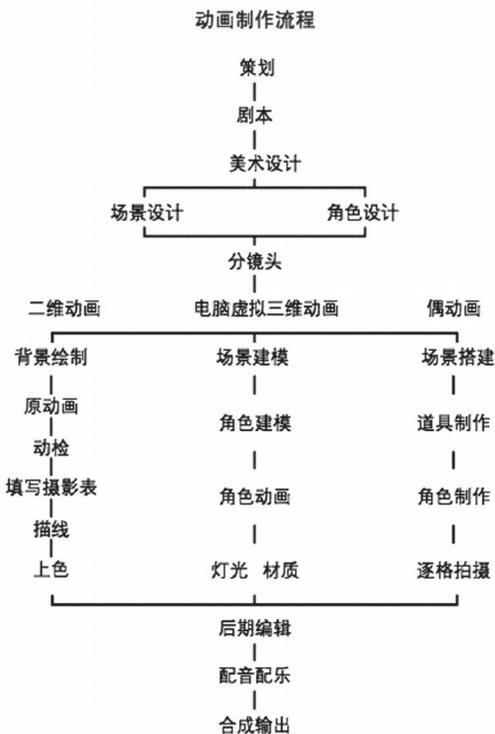


图 1-2-1 动画制作流程

### 1.动画前期

动画前期包括剧本、美术设计、分镜头脚本三个环节。

#### (1) 剧本

创作一部动画片首先要有一个故事，这个故事就是动画片的剧本，也叫文学剧本。文学剧本很像小说，具有很强的文学性，通常需要导演在此基础上创作出文字脚本。文字脚本是导演在文学剧本的基础上进行的再创作，加入了其对故事主题的理解与重构，加入了镜头语言，将文学剧本中很多感性的形容词视觉化，变成了描述性的文字。这个文字脚本就是整部动画片创作的蓝图。

#### (2) 美术设计

在电影的拍摄过程中，有了要讲述的故事，下一步就要挑选演员，选择拍摄场地。而动画片中的演员和场景都是画出来的，所以接下来的工作就是要设计角色和场景，即美术设计。美术设计包括角色设计、场景设计、道具设计三部分，一般依据故事情节的导演的要求来创作。美术设计要求设计师有很强的造型能力、审美能力，丰富的想象力，良好的沟通理解能力、创造能力和观察能力。美术设计是一部影片成败的关键。

#### (3) 分镜头脚本

分镜头脚本是根据导演的文字脚本而来的，它按照文字的描述画出图像，将文字脚本的内容按照故事发展的顺序一个画面一个画面地绘制出来。分镜头有时由导演来绘制，有时由导演指导分镜头设计师来完成。此时的分镜头画面是以草图的形式呈现的，还要经过导演的反复修改，才能形成最终版本，成为未来动画中期制作的依据。有的时候，静态分镜头也会被加入角色表演、镜头语言配音配乐，形成动态分镜头。动态分镜头既可以更直观地看到未来影片的样貌，又便于动画中期的制作。

## 2.动画中期

从制作手法的角度划分，动画可以分为三种：二维动画、三维动画、材料动画。虽然每种动画的制作手法都有其自身的特点，但前期的创作是相同的，都要经过剧本、美术设计、分镜头脚本这几个环节。但是，从动画中期开始，不同的动画制作方式将按照各自的工作流程来进行。二维动画需要在纸上或者电脑中进行背景绘制、原动画、动检、填写摄影表、描线、上色等工作；三维动画需要在计算机软件中进行场景搭建、角色建模、角色动画设计、灯光与材质设计等工作；材料动画需要选择材料进行场景搭建、道具制作、角色制作、逐格拍摄等工作。这里我们详细讲解一下二维手绘动画的中期制作。

### (1) 设计稿

设计稿也叫放大稿，是对分镜头设计稿的详细设计和放大。在设计稿中应详细设计出该镜头中角色的动作起始位置、场景道具的运动及镜头的运动。绘制设计稿前，绘制人员应拿到详尽的角色设计和场景设计，具体包括角色各种着装造型、转面图、表情图、结构图、角色之间的比例图、角色与景物比例图、角色与道具比例图、服饰道具分解图、动作性格特征设计图、主场景色彩气氛图、平面坐标图、立体鸟瞰图和景物结构分解图等。

### (2) 原动画

原动画是对原画和动画这两个工序的简称。设计师需要根据导演的要求、故事情节的要求、分镜头设计稿的设定来绘制原画和动画。原画和动画的创作者需要熟练掌握运动规律知识以及角色运动的基本规律，并在此基础上根据角色的性格特点、剧情要求对角色的运动方式进行个性化设计。

### (3) 描线、上色

描线与上色是传统二维手绘动画中的工序。原动画师在画的过程中难免会有修改，所以画面上常有修改擦除的痕迹。动画的成稿要求画面干净、线条整洁，所以需要画稿重新描摹使画面达到干净工整，这个描摹的过程就是描线。传统二维手绘动画一般是用透明的赛璐珞片来描线，但电脑的普及改变了二维手绘动画描线的方式，现在可以用动画纸进行描线，然后通过扫描仪将图像数字化，并扫描到电

脑中。

上色的传统做法是用透明的赛璐珞片来进行，现在我们则可以直接在电脑中进行。

## 3.动画后期

在动画中期中我们谈到，按照创作方式动画可以分为二维动画、三维动画和材料动画，这些动画的制作前期是基本相同的，中期制作则根据每种动画的特性会有很大的区别。不同种类动画的后期创作也是大致相同的，都包括编辑、配音配乐、字幕、合成输出几个步骤。这样，一部动画片就创作完成了。

动画运动规律是进行动画创作必须要掌握的基础技能，属于动画的中期部分。二维手绘动画需要运用运动规律的知识将角色的动作绘制出来；三维动画中的角色模型调和和材料动画中的逐格摆拍，同样需要运动规律的相关知识。

## 二、原画与中间画

原画通常既可以指原画设计这个流程，也可以指画原画的人。原画设计是动画创作中的重要环节，决定了动画角色的动作形态、幅度与节奏，而原画师是设计原画与绘制原画的人。原画师就像一部电影中的演员，动画片中的角色表演都是靠他一张张画出来的。所以，一名合格的原画师需要具备良好的造型能力、一定的表演能力以及丰富的想象力。

与原画一样，中间画既可以指给原画加中间画这一动画流程，也可以指画中间画的人。中间画是相邻两张原画之间的过渡画面，它的质量对动画角色运动的流畅程度和动作的细微变化起到决定性的作用。

### 1.原画

原画是指一套动作的关键帧，是描绘运动物体关键动作的画稿，代表着动作的开始与结束、动作的运动方向、运动幅度等一系列运动要素。例如，当一个摆动起来的钟摆摆到两端最高点的时候，这两张画面就是原画。再如，用力挥舞手中的锤子时，锤子被举起和落下这两个动作是角色动作的最大幅度，也是动作的开始和结束，图 1-2-2 中的①、③这两张画稿就是原画。



图 1-2-2 原画稿

原画师需按照导演的要求，按照故事情节の設定来创作原画画稿。原画师就相当于电影中的演员，按照导演的意图和故事情节进行表演，只不过动画片不是原画师直接表演，而是通过画笔将表演注入

动画角色身上。所以，在绘制原画稿之前，原画师只有对导演的意图及影片的情节发展有着深刻的理解，才能开始此镜头的动作设计；只有具备良好的理解能力与表演能力，才能设计出生动鲜活的角色表演。除此之外，原画师还要具备良好的绘画能力，熟练掌握运动规律的基础知识。

### (1) 原画的元素

原画稿的画面通常包括以下几个元素。

第一，画面。

第二，图层。在一些比较复杂的镜头中，我们会分层来绘制动画。不仅仅是运动的物体与场景要分层，为了节省人力，一个角色也会分若干个图层来绘制。这个时候，原画稿上就要标明图层。图层一般用字母 A、B、C、D 来划分，依次排列。图层 A 最靠近背景也就是最靠后。

第三，画稿序号。原画的序号通常用阿拉伯数字加圆圈表示，如①、②、③、④、⑤（图 1-2-3）。

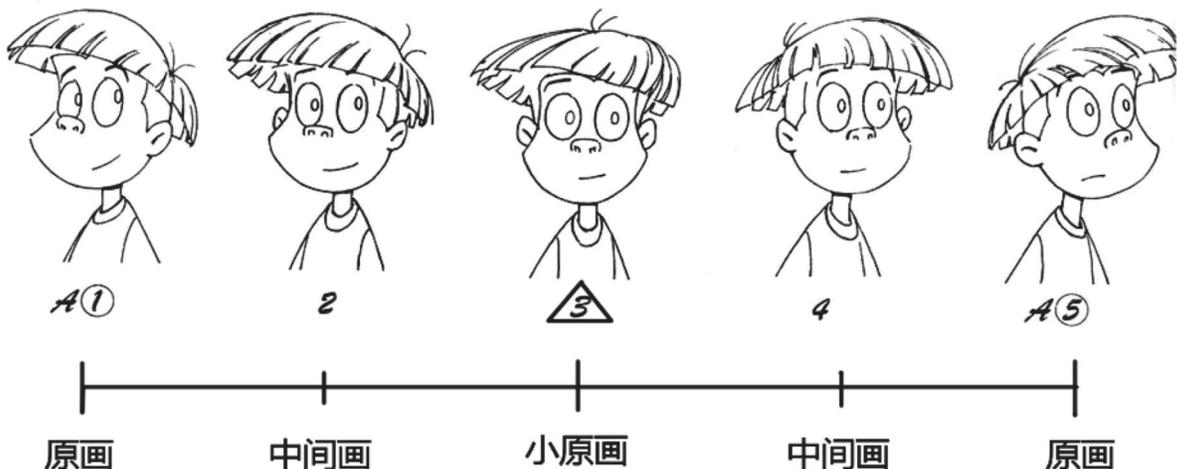


图 1-2-3 原画稿序号示意图

第四，标尺。标尺是记录相邻两张动画间的空间距离的工具。从标尺中我们大概可以了解此物体运动的速度。它是原画师与动画师交流的工具。原画师画好原画之后，需要将此镜头交给中间画师，进行下一道工序。中间画师是通过两张原画以及标尺来判断中间画的位置的。

第五，如果原画师对中间画师加中间画的

过程有特殊要求的话，会在原画稿中写明或者附上简单的图画说明，如对动作的要求、造型的要求等。原画师不可能把所有细微的动作变化都画出来，因此其对动作的意图就只能传达给中间画师了。

### ②原画的画法

原画师根据剧本和分镜头的设计要求，将这个

镜头的动作在草稿纸上勾勒出来。原画需要画的是动作的关键帧。简单的动作，原画就是该动作的开始张和结束张；复杂的动作，原画师需要将其分段。分段的原则是在动作的开始、结束、转折、关键部位做分割，这样每一段动作都会有一个开始张和结束张。这种做法虽然会使原画稿的张数增加，但却可以将复杂的动作简单化，更方便中间画师的工作。

## 2. 中间画

### (1) 中间画的含义

中间画又叫动画，是指相邻两张原画之间的过渡张两张，即两张原画之间的变化过程。中间画师需要按照角色设计师设定好的角色标准绘制，需要按照原画师设定好的动作范围、张数及其运动规律，一张一张地画出过渡张。中间画的工作既繁重又乏味，重复性比较强。但是，动画片对中间画师的要求是非常严格的，只有对角色的造型与线条进行过

反复练习的画者才可以胜任。

### (2) 中间画的制作流程

原画工作完成后，原画师会将装有镜头画稿的镜头袋交到中间画师手里。这个镜头袋里面放的是原画画稿、场景画稿、规格框、镜头放大稿和摄影表。中间画师应仔细研究原画师对整个动作设计的意图，然后严格按照运动标尺、摄影表、原画稿上文字或画面提示的要求来完成中间画的绘制。

### (3) 中间画的画法

将相邻的两张原画稿重叠放到定位尺上面，打开透光台，就可以清晰地看到两张原画的线条。然后拿一张同样尺寸的动画纸放到最上面，按照原画的要求加中间画。绘制中间画时，应该严格按照标尺、原画稿的文字提示以及摄影表的要求来进行(图 1-2-4)。

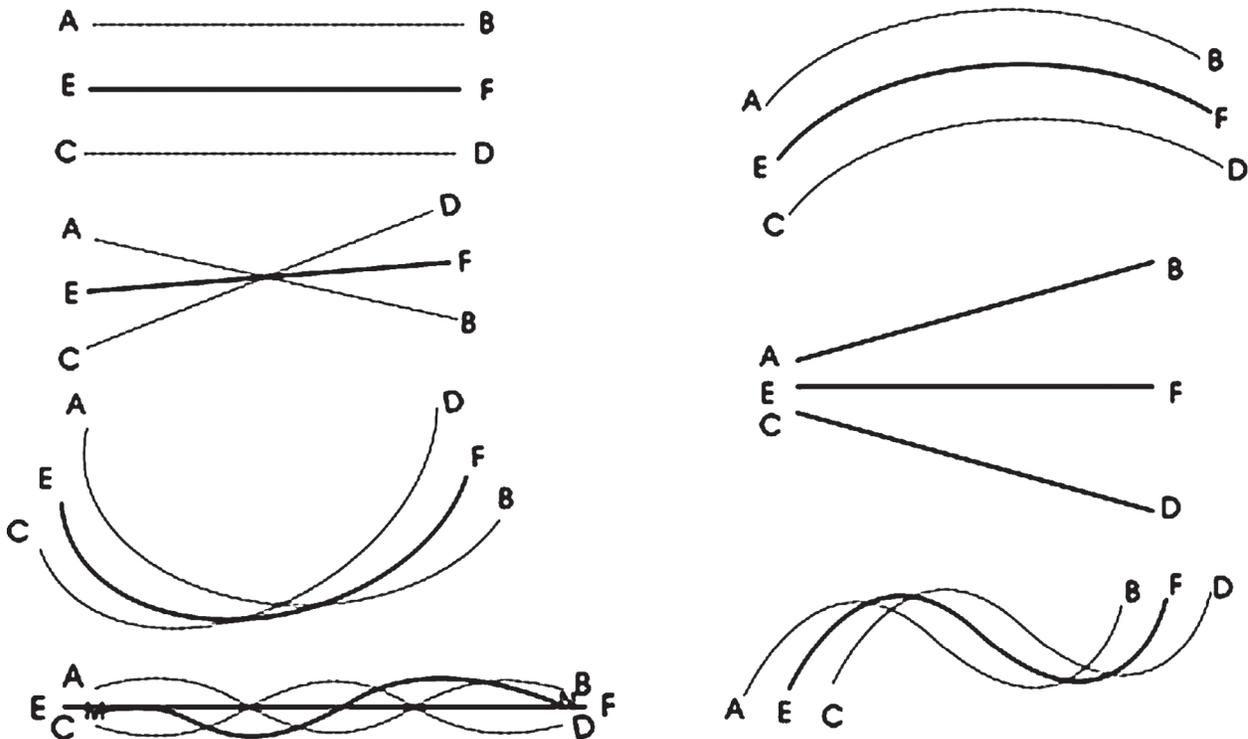


图 1-2-4 加中间画案例

### 三、动画的绘制工具

“工欲善其事，必先利其器。”动画是一种知识密集与劳动密集型的工作，制作动画片的工作量是相当大、相当繁重的，掌握制作工具的用法和工作方法是至关重要的。下面我们将对动画的专业工具进行介绍。

#### 1. 动画纸

动画纸也叫定位纸，是传统二维手绘动画必须应用的纸张。一般选用 60 克或 70 克的透光度高、性能好的白色纸张，常用规格为 270mm × 320mm。

如果制作影院级的动画，就要选用大规格的动画纸，即 410mm × 340mm 的动画纸。

与其他绘画纸张不同的地方是，动画纸必须具备良好的透光性，且在每张纸的固定位置上有三或五个孔（图 1-2-5）。这两个特点是由动画的制作工艺特性所决定的——动画纸需要与透光台、定位尺来配合使用（透光台与定位尺下文详细介绍）。绘制动画的时候，我们需要在透光台上将若干张动画纸叠加起来绘制一个动作，所以要求动画纸具有良好的透光性；而动画纸上的孔则是与定位尺配合使用来固定纸张、防止错位的。

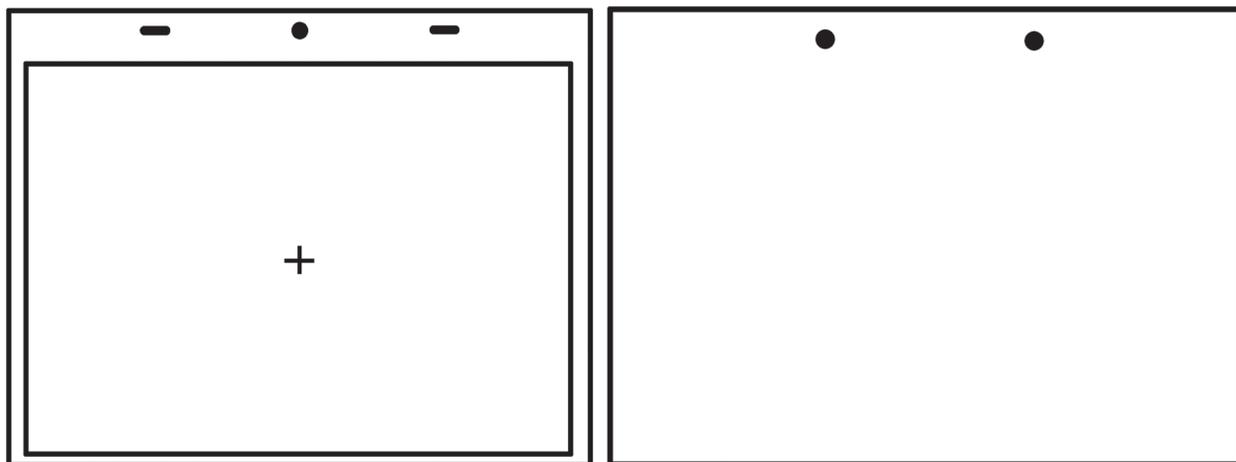


图 1-2-5 动画纸

#### 2. 定位尺

定位尺（图 1-2-6），顾名思义，它的作用就是定位。说它是尺，是因为它的形状像尺，但没有刻度。定位尺也是传统二维手绘动画必备的工具之一，其作用是固定动画纸，防止动画纸在绘制过程中错位。

目前，市场上出售的定位尺有金属和塑料两种材质，有三孔与五孔两种类型。孔的多少是根据我们所绘制的镜头大小来选取的。一般的镜头，用三孔的定位尺就足够了。但是，要绘制长背景或者移动镜头时，就需要用到五孔的定位尺，这样固定的效果更佳。

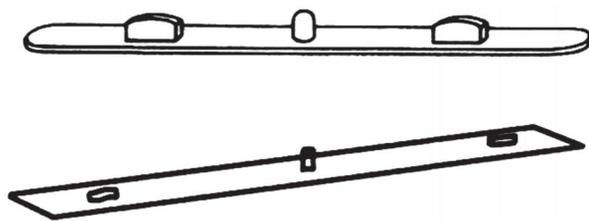


图 1-2-6 定位尺

#### 3. 笔、橡皮

铅笔是动画片绘制的必备工具，绘制出来的线条有粗细变化，自然流畅，画面的绘画性更强。通常，我们会选用 2B 铅笔来绘制，因为 2B 铅笔软硬程度适中。太硬的铅笔会伤纸，而且不易修改；太软的铅笔，画出来的线条浮且黑，画面容易脏。

自动铅笔也是必备的工具。它的好处是可以保持线条的粗细一致。一般情况下，我们会选用粗细为 0.5mm 的 2B 自动铅笔。但是，在绘制特殊镜头的时候会有不同：在绘制特写镜头时，我们会选用 0.7mm 或 0.9mm 的自动铅笔，因为在特写镜头里角色会被放大，所以线条要相对粗一些；在绘制全景镜头时，我们会选用 0.3mm 的自动铅笔，因为在大景别的镜头里角色会被缩小，线条要细一些。

除了铅笔之外，我们在绘制角色阴影的时候，还会使用正红色、正蓝色、正黄色等彩色铅笔来绘制阴影的边界线。因为在后期软件上色的过程中，红色、蓝色、黄色只会识别区域。上色完毕输出图像的时候，红色、蓝色、黄色阴影的分界线可以删除。

签字笔也是动画片制作时常常用到的工具。一般情况下，初学者在绘制一套运动规律动作的时候难免会有很多修改擦除的痕迹，所以在传统二维手绘动画流程中，运动规律绘制完成之后会有一个描线的工序，通常选用 0.5mm 的黑色签字笔进行勾线。与自动铅笔一样，在绘制特写镜头的时候选用 0.7mm 或 0.9mm 的签字笔；在绘制全景镜头的时候选用 0.3mm 的签字笔。

橡皮主要用于修改铅笔稿错误的地方。需要注意的是，在绘制运动规律初稿的时候下笔要轻一些，否则橡皮很难完全擦除错误的笔迹（图 1-2-7）。

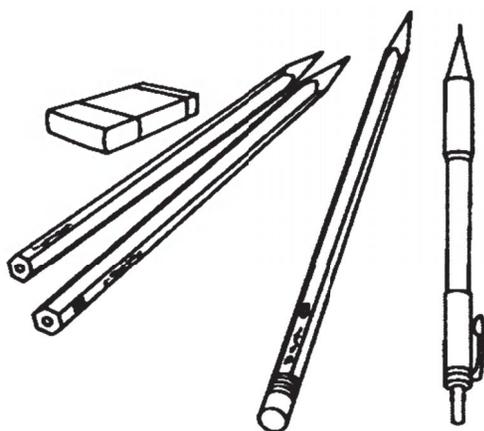


图 1-2-7 铅笔、自动铅笔与橡皮

#### 4.透光台

透光台（light table）又叫透台、透写台、拷贝台，同样是制作传统二维手绘动画必须要用到的工具（图 1-2-8）。它由一个灯箱以及覆盖在上面的一层毛玻璃或亚克力板组成。其原理是通过光照，使放到毛玻璃或亚克力板上的若干张动画纸上的图像变得清晰可见。动画师可以直观地看到所画动画的运动，从而完成加中间画的工作。早期的透光台比较笨重，大多是木质结构，体积较大，光源亮度不可调节，使用时间长时灯泡会发热；而现在的透光台大多是由轻质合金和亚克力板制成的，轻薄便于携带，厚度通常只有 20mm 左右，光源的亮度可以调节。

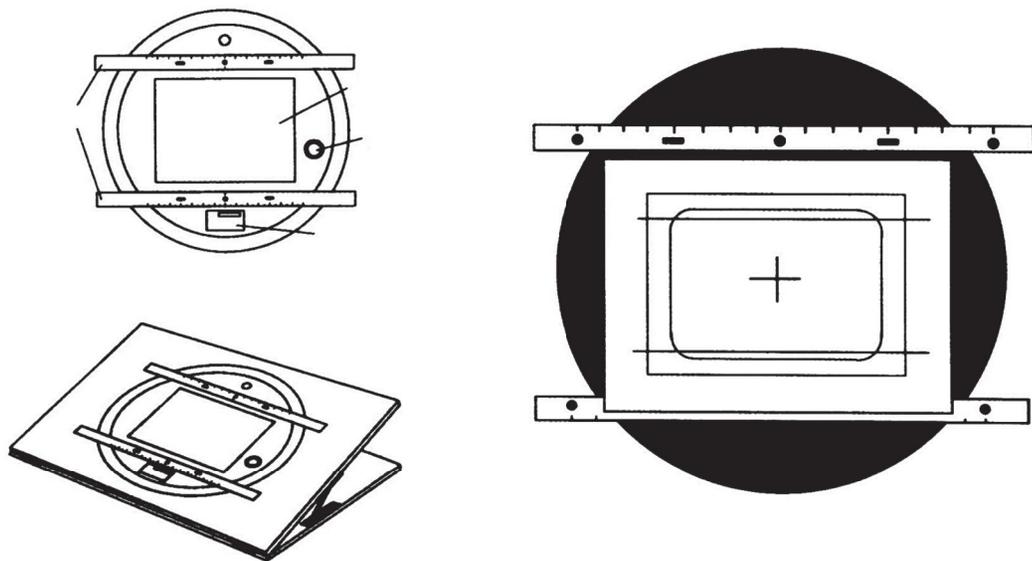


图 1-2-8 透光台

## 动画运动规律

### 5.规格框

规格框也叫“安全框”，是一个起到约束限制作用的边框。框内的图像在影片播放时是可以看到的，而框外的就看不到了。规格框的基本比例有4：3和16：9两种，但是随着数字化的发展，其模式也在不断地变化。

规格框除了对画面起到约束作用以外，还可以

节省动画的工作量。我们在画一个动作的特写时，要选择小型的规格框。小型的规格框，画面尺寸相对较小，同样的形象在其中比在大规格框中的比例要小，线条也短；每张动画中节省几段线条的长度，整个镜头就会节省很多的人力、物力和时间。除此之外，画面小了以后线条变短，比较好控制。大规格框是用来画全景、大全景镜头的（图1-2-9）。

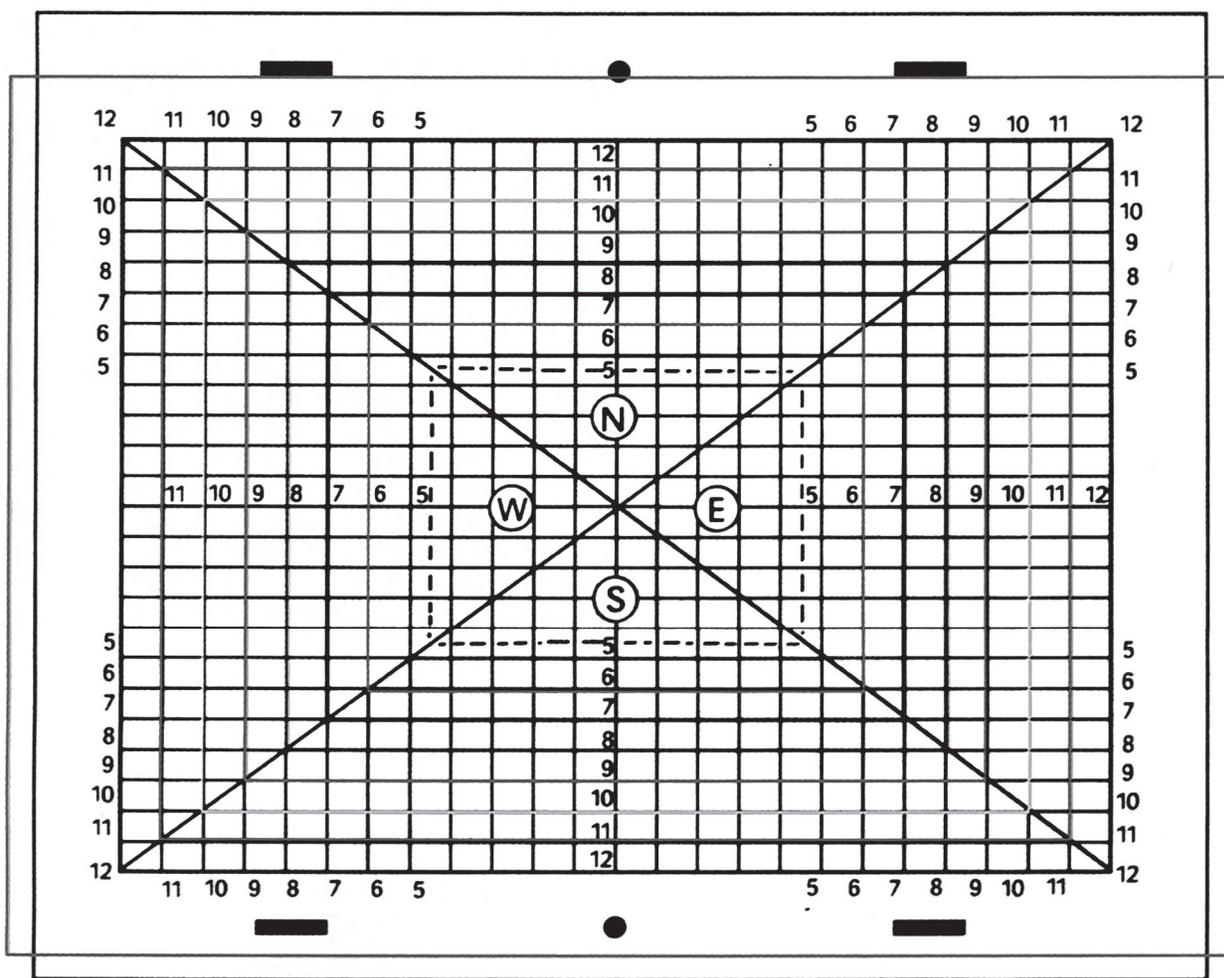


图 1-2-9 规格框

### 6.摄影表

摄影表又称“律表”，是动画片中用来记录每个镜头中的角色、动作、对白、时间、节奏、音效、镜头运动以及镜头间蒙太奇手法运用的一个图表（图1-2-10）。导演在摄影表左边的动作提示栏内规定了动作的主要节奏，动画设计者以此为依据，在相应的栏目内标出完成每一动作需要的画面张数。

摄影表上还要标出赛璐珞片的层次排列和拍摄要求等，这些规定对动画师、校对人员、摄影技师以及动画制作单位的所有成员都有用处。

动画摄影表的格式在不同国家和地区都有差别，一般情况下，在表头或者表格侧边位置会有片名栏、集号栏、镜头号栏、镜头长度栏、动画张数栏等。表格主体部分是它的动作要求列、对白口型列、动画要

求列（由于动画角色、道具等一般会涉及分层，这列通常用字母 A、B、C、D、E、F、G、H……再分出很多列）、背景列、摄影要求列等。在每一列的纵向行中，就是原画所要传达给其后工序的“意图”，中间画

和后来的拍摄（扫描）工作都是按照每行的设定进行的。摄影表的这些“行”，就是我们常说的“格”，根据播放制式的不同有 24 格/秒、25 格/秒、30 格/秒等。一般一张律表会有 2.3 秒左右，通常只画一个镜头。

集数		片名	#	镜号	长度	原画师	页次	以秒为单位计算			以格为单位计算			
动态 ACTION	DIAL		A	B	C	D	E	F	G	H	I	摄影要求 CAMERA NOTES		
		1												
		2												
		3												
		4												
		5												
		6												
		7												
		8												
		9												
		10												
		11												
		12												
		13												
		14												
		15												
		16												
		17												
		18												
		19												
		20												
		21												
		22												
		23												
		24												
		25												
		26												
		27												
		28												
		29												
		30												
		31												
		32												
		33												
		34												
		35												
		36												
		37												
		38												
		39												
		40												
		41												
		42												
		43												
		44												
		45												
		46												
		47												
		48												
		49												
		50												

图 1-2-10 摄影表

### 7. 镜头袋

镜头袋又称“镜头夹”“卡套”，是用来装每个镜头的画稿的袋子。袋子封面上有许多信息，包括片名、镜头号、原动画、中间画以及修型人员的姓名

等。镜头袋中会装载这个镜头的设计稿、原画画稿、动画画稿、规格框、摄影表等（图 1-2-11）。因此，我们说镜头袋是一个很好的收纳整理动画画稿的工具。

镜号 SCENE	规格 FIELD	长度 LENGTH	兼用 LINK UP		设计稿 LAYOUT DESIGNER	修型 ASSISTANT ANMATOR	
	F	+ K	S/A	STK			
片名 FILM NAME #	原画 ANIMATION	动画 INBETWEEN	复印 XEROX	描线 TRACE	上色 PAINTING	校对 FINAL CHECK	背景 BACK GROUND
	A	A	A	A	A	A	OL
	B	B	B	B	B	B	UL
	C	C	C	C	C	C	OL/UL
	D	D	D	D	D	D	BG
	E	E	E	E	E	E	
导演审核 DIRECTOR APPROVED	类别 GRADE	实际张 ACTUAL SHEETS	张数 SHEETS	张数 SHEETS	张数 SHEETS	流线 SPEED LINE	兼用 LINK UP
	设计稿 LAYOUT	背景 BACKGROUND	原画 ANIMATION	修型 ASSISTANT ANIMATOR	计算张 CALCULATED SHEETS	工时 MAN HOUR	工时 MAN HOUR
	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP	检查 CHECK-UP
注意事项 NOTE	摄影 CAMERA					镜号 SCENE	
	△ F. I      ▽ F. O ⊗ FRS. FROM:      TO: T. U      T. B 特技 SPECIAL EFFECT 摄影师 CAMERAMAN      完成日期 FINISH DATE 年月日 预告片 TRAILER 剧照 STILL						

图 1-2-11 镜头袋

### 8. 动检仪

动检仪是绘制传统二维手绘动画必须用到的仪器。它是用来检查画好的一组运动规律是否能够达到镜头要求的一种仪器。动检仪是一套由主机、显示器、专业摄影器材（带拍摄架、云台）以及线拍软件组成的设备（图 1-2-12），其工作原理是通过线拍软件将画好的运动规律画稿一张一张地进行拍摄（为了防止画稿错位，要先将定位尺固定好，然后将画稿套在定位尺上拍摄），并用软件中自带的摄影表将拍摄好的一张张画面设置节奏，然后对该镜头进行播放，以观察镜头的动态效果是否符合导演的要求。

在传统二维手绘动画流程中，动画检查是很重要的一个环节，通常被简称为“动检”。动检师必须确认动画的正确性并控制动画质量，责任重大。动检师需要具备良好的绘画能力和丰富的动画绘制经验。有些影片因为成本受限，所以在制作流程中不

设置动检师的职位，通常由导演和动画师承担动画检查的工作。

动检主要是检查动画中的人物动作、线条是否连贯，画面是否缺页或多页，以及动画是否有污点等。



图 1-2-12 动检仪

## ▶ 第三节 动画的时间、空间、速度与节奏

我们都知道，动画是一门时间的艺术。欧美动画大师格里穆·乃特维克曾经说过：“动画的一切皆在于时间点和空间幅度。”这句话说的就是动画中的时间、空间的重要性。动画运动规律的基础，就是掌握如何合理地应用动画的时间、空间、速度与节奏。

### 一、动画的时间

动画片中的时间概念，与我们日常生活中的时间概念是不同的。动画的时间长度是以秒、帧为测算单位的。通常，一秒钟是24帧画面，也叫24格，每一帧或一格就是一张动画。所以，一秒钟的运动画面是由24张动画组成的。动画片在成本、定位、制作周期等方面的要求不同，也会影响其帧数的多少。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、纪录片要略短一些。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纪录片所摄长度缩短一些。只有这样，才能得到理想的效果。

下面这三个专业名词是学习动画必须要掌握和完全理解的概念。

#### 1. 帧

在动画中，1秒钟是由24帧组成的。一帧即一个画面，是动画片中的最小单位，相当于电影胶片的一格画面。一帧就是一个静止的画面，动画片是由多张静态画面快速播放而形成的运动影像。

#### 2. 镜头

镜头是摄影机一次开机到关机过程中所拍摄到的连续画面。镜头的时间长短不一，一般按照导演的

要求和情节的需要来设定，如果画面切换，则是换了一个镜头。在胶片时代，当一个画面结束，转移到下一个画面的时候，需要剪切胶片来实现镜头之间的衔接，因此镜头被称为“CUT”。

#### 3. 拍制

拍制是指一帧画面在播放的过程中停几格。“一拍一”是指一秒钟需要画24张，每张画面停一格，以早期迪士尼手绘动画为代表，因为动画张数多，所以动作细腻丰富、逼真流畅；“一拍二”是指一秒钟需要画12张，每张画面停两格；“一拍三”是指一秒钟需要画8张，每张画面停三格。由于视觉暂留现象的存在，人眼在每秒钟观看8张以上画面的这种快速播放的情况是感觉不到停顿的，所以大部分优质动画片的拍制都在“一拍三”以内。通常情况下，动画片在成本、定位、制作周期等方面的不同要求，也会影响动画片的拍制。

### 二、动画的空间

动画的空间有两层含义：广义上的空间，是指动画片中角色或运动的物体在画面上的活动范围和位置的改变；狭义上的空间，是指一个动作的幅度，即一个动作从开始到结束之间的夸张变形。基于动画的艺术特性，动画师在设计角色的动作时往往会进行夸张，以增大动画空间的幅度，最大限度地拓展观众的视觉空间和心理空间（图1-3-1）。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，在表现一辆车由大到小向画面纵深处快速行驶和消失时，如果按照画面透视、背景与车的比例来计算，应该行驶几十秒；但是，为了夸大速度感，在动画片中只要跑几秒钟就完成这一动作了。



图 1-3-1 动画空间

### 三、动画的速度

速度是指物体在单位时间内通过的路程的多少，代表的是物体运动的快慢。物体之所以会运动，是由于受到了力的作用。一个较强的力施加到物体上的时候，物体运动的速度就快；一个较弱的力施加到物体上的时候，物体运动的速度就慢。在距离相等的条件下，物体移动的速度越快所用的时间越短，在动画中占用的帧数就越少；反之，物体移动的速度越慢所用的时间越长，在动画中所占用的帧数就越多。

动画片中，动画的时间影响着运动速度。角色或运动物体在动画片中的表演是以它们的位置和形态变化来呈现的，动作的节奏感、速度感在动画角色真实可信地传达故事情节方面起到了非常关键的作用。如何将动画时间进行的合理分配，是学习动画运动规律必须要掌握的知识。如果有意地观察现实生活中不同物体的运动，我们会发现，所有物体的运动都不是匀速的，存在着快与慢、加速与减速、延时与静止的变化。动画片中的角色运动也一样要

有速度的变化，只有这样，其动作才是合乎情理、真实可信的。

动画片中的速度变化可以分为三种类型：匀速运动、加速运动和减速运动。一个运动，两张关键动态原画之间的距离完全相等，拍摄格数也相同，就是“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，即速度由慢到快，就是加速运动；与此相反，两张关键动态原画之间，中间画距离由大变小时，即速度由快到慢，则是减速运动。

#### 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，呈现的是均匀移动的视觉效果（图 1-3-2）。在画匀速运动的物体时，我们要先确定好物体运动的两张关键原画，即图 1-3-2 中的①和⑤两张原画的位置，然后根据标尺在①和⑤的中间位置画 3，在①和 3 的中间位置画 2，在 3 和⑤中间位置画 4。

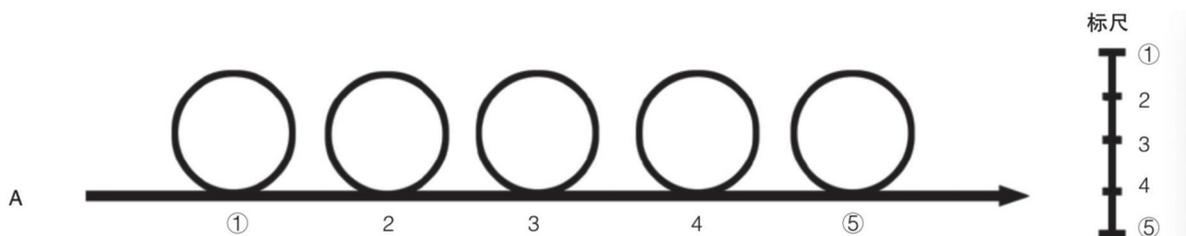


图 1-3-2 匀速运动

## 2. 加速运动

加速运动是指在两个原画之间，每两张中间画上物体的运动距离由小到大，呈现出来的是由慢到快的视觉效果，通常用来表现速度感、力量感（图 1-3-3、图 1-3-4）。如图 1-3-5 所示，在绘制加速运动时，首先确定①和⑤两张原画的位置，然后在①和⑤的中间位置画 4，在①和 4 的中间位置画 3，

在①和 3 的中间位置画 2。

对于加速运动等快动作而言，预示性准备动作非常重要。它有利于观众对快速动作形成心理预判和视觉理解，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时，由于物体自身重量及地心引力的作用，就会产生加速运动。

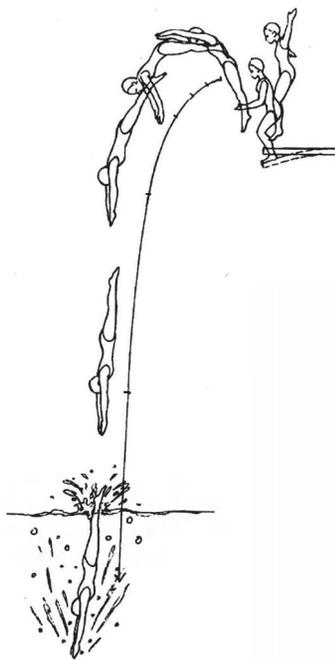


图 1-3-3 运动员跳水（加速运动）

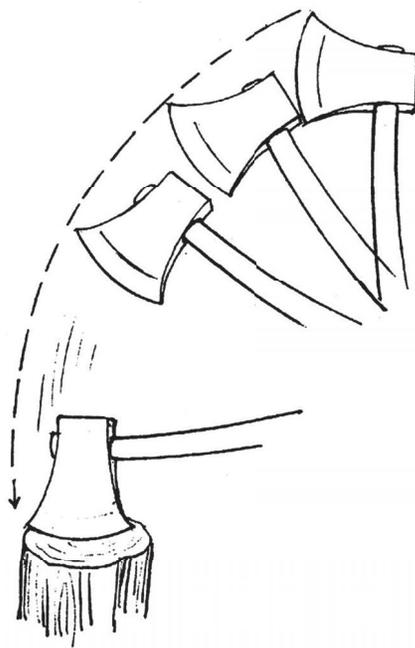


图 1-3-4 斧头砍下（加速运动）

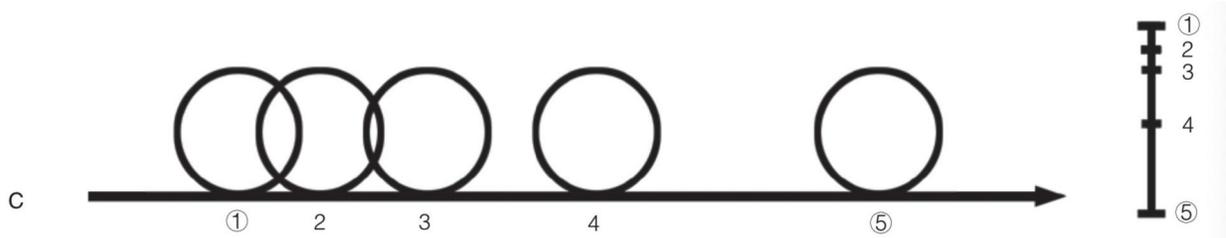


图 1-3-5 加速运动

### 3. 减速运动

减速运动是在两个原画之间，每张中间画的距离由大到小，呈现出来的则是由快到慢的视觉效果，通常用来表现舒展、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

间画距离太近时，如果画得不精准或间隔距离计算得不准确，角色动作会出现抖动的跳帧现象。如图 1-3-6 所示，在画减速运动的时候，要先确定①和⑤两张原画的位置，然后在①和⑤的中间位置画 2，在 2 和⑤的中间位置画 3，在 3 和⑤的中间位置画 4。

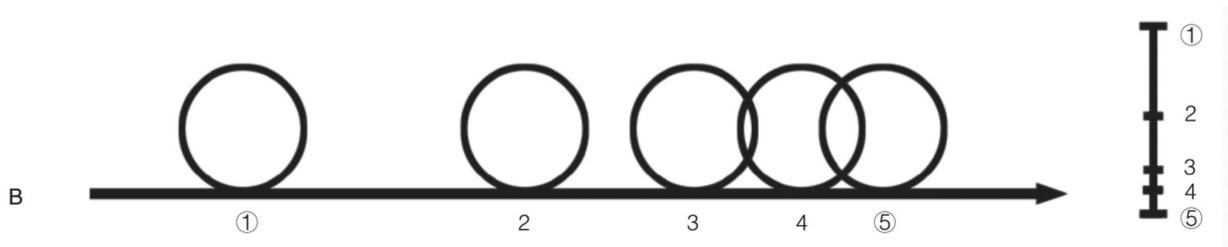


图 1-3-6 减速运动

动作快慢的决定因素主要有三个：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、距离大小相同，由于中间画的张数不一样，也会造成速度不同的细微差别。中间画的张数越多，速度越慢；中间画的张数越少，速度越快。

动画速度确定后要设定动画时间，然后根据设定的时间长度决定插入的张数。

由于动画片是一张一张地画出来，然后一格一格地拍摄出来的，所以必须观察、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）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、情绪等灵活应用。

以上三种速度变化不是单一存在的，在动画创作过程中，设计师要根据剧情要求和运动的基本规律，灵活运用匀速运动、加速运动和减速运动。例如，在图 1-3-7 中，由于重力的作用，青蛙由高处落下的过程是加速运动；落地之后的弹起过程，由于地球引力及其自身的重力作用，是减速运动；青蛙落地时，我们还要加入少许停顿，为下次弹跳做好准备。所以，看似简单的一个青蛙跳跃的动作，其实是几种速度变化的集合。

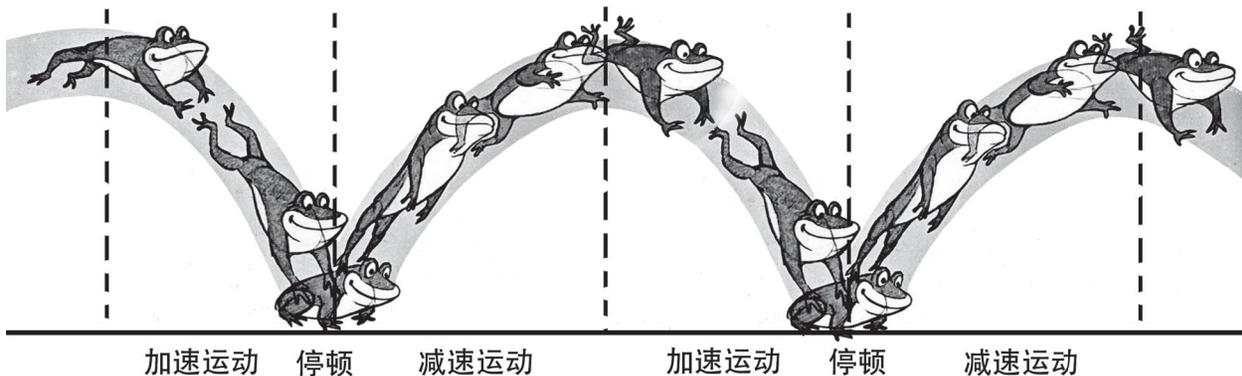


图 1-3-7 青蛙跳跃运动

#### 四、动画的节奏控制

节奏是动画的生命。动画片的节奏是靠动画的时间、距离与速度这三个因素的合理运用来控制的。生活中，一切物体的运动（包括人的动作）都是充满节奏感的。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。因此，处理好动作的节奏对于增强动画片的表现力是很重要的。

速度的变化是形成节奏感的主要原因，不同速度的交替使用产生不同的节奏感和韵律感，如匀速、快速、慢速以及停格等。

动画的时间、动作幅度和中间画的张数是决定动作速度的三大因素，其中以动作幅度的影响最为关键。关键动作的动态和幅度往往构成了动作节奏的基础。在关键动作动态和幅度处理合理的情况下，时间和张数安排不当，动作节奏不到位，也会背离物体的运动规律，在视觉上产生别扭的不舒服感。

一般说来，动画片的节奏比其他类型影片的节奏

要快一些，比生活中的动作节奏要夸张一些。整个影片的节奏是由剧情发展的快慢、各种蒙太奇手法的运用以及动作的不同处理方式等多种因素造成的。我们这里说的不是整个影片的节奏，而是动作的节奏，即“快速”“慢速”以及“停顿”的交替使用。不同的速度变化会产生不同的节奏感：

(1) 快速—慢速—停止，或停止—慢速—快速，这种渐慢或渐快的速度变化造成的动作节奏感比较柔和。

(2) 快速—突然停止，或快速—突然停止—再快速，这种突然性的速度变化造成的动作节奏感比较强烈。

(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造成一种“突然性”的节奏感。

动作的节奏对于体现剧情和塑造主角形象至关重要。因此，在处理动作节奏时，不能脱离每个镜头的剧情和人物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。