

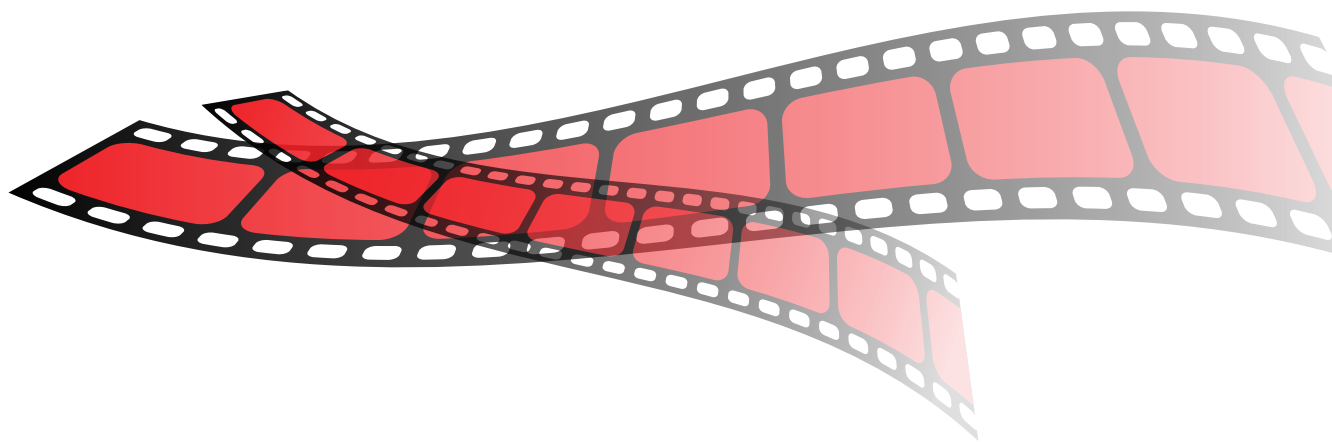
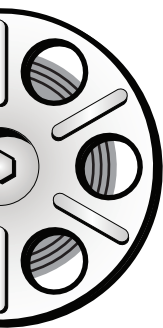
普通高等教育动画类专业系列教材

动画运动规律

(第三版)

Principles of Animation Movement

余春娜 张玥 张乐鉴 编著



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

动画运动规律是动画设计的基础理论,也是动画设计专业人员的必修课。本书立足动画运动规律,构建清晰简洁、实用性强的动画动作设计体系,帮助读者夯实创作基础、拓展设计思维,进而创作出新颖独特、富有表现力的动画动作。书中以美式动画的核心元素——“过渡帧”为切入点,首先介绍了美式动画的设计步骤,并将其与日本动画的制作流程进行比较,梳理出两者的设计思路。然后以美式动画的设计思路为主线,辅以大量案例,系统讲解自然现象、人类、动物、昆虫、水生物、鸟类的运动规律及其在动画设计中的表现方法;同时依托这些现实元素延伸拓展至奇幻创作领域,详细拆解各类魔幻怪物、幻想生物的动作设计思路。最后通过案例分析,讲解动画镜头的动作设计逻辑与应用技巧。

本书可作为全国高等院校动画、游戏等相关专业学生的教材,也可供从事动漫游戏制作、影视制作工作及参加专业考试的人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

动画运动规律 / 余春娜, 张玥, 张乐鉴编著.

3版. -- 北京:清华大学出版社, 2026. 7. -- (普通高等教育动画类专业系列教材). -- ISBN 978-7-302-71719-5

I. J218.7

中国国家版本馆CIP数据核字第2026TK0059号

责任编辑:李 磊

封面设计:孔祥峰

版式设计:思创景点

责任校对:成凤进

责任印制:曹婉颖

出版发行:清华大学出版社

网 址: <https://www.tup.com.cn>, <https://www.wqxuetang.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-83470000 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×250mm 印 张:11.5 字 数:285千字
(附小册子一本)

版 次:2013年6月第1版 2026年7月第3版 印 次:2026年7月第1次印刷

定 价:69.80

产品编号:110580-01

专家委员会

主 编

余春娜

天津美术学院

影视与传媒艺术学院

副院长、教授

副主编

韩永毅

高 思

编 委

张 轶

王 宁

潘 登

刘晓宇

张 玥

索 璐

李 毅

杜志华

安 娜

杨 诺

白 洁

- 鲁晓波 清华大学美术学院……………原院长、教授
- 李剑平 北京电影学院动画学院……………原院长、教授
- 黄向东 西安美术学院影视动画系……………学科带头人、博导
- 周宗凯 四川美术学院影视动画学院……………院长、博导
- 王亦飞 鲁迅美术学院传媒动画学院……………原院长、博导
- 陈赞蔚 广州美术学院视觉艺术设计学院动画系……………教授、博导
- 薛 峰 南京艺术学院传媒学院……………院长、博导
- 邓 强 西安美术学院影视动画系……………系主任、教授
- 于 瑾 中国美术学院动画与游戏学院……………教授、博导
- 韩 晖 中国美术学院动画与游戏学院……………教授
- 黄惠忠 中央美术学院城市设计学院动画系……………教研主任
- 陈 峰 鲁迅美术学院传媒动画学院……………副院长
- 史 纲 西安美术学院影视动画系……………教授、博导
- 段天然 中国人民大学艺术学院……………副教授
- 叶佑天 湖北美术学院影视动画学院……………教授
- 张 娟 成都大学影视与动画学院……………院长、教授
- 隋津云 山西传媒学院动画与数字艺术学院……………院长、教授
- 黄晓瑜 福州大学厦门工艺美术学院数字媒体艺术系……………系主任
- 张 立 中国戏曲学院新媒体艺术系……………系主任、教授
- 余春娜 天津美术学院影视与传媒艺术学院……………副院长、教授



丛书序

动画专业是一个复合性、实践性、交叉性很强的专业，其教材的质量在很大程度上影响着教学的质量。动画专业的教材建设是一项具体的常规性工作，是一个动态和持续的过程。党的二十大报告指出：“教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题。”本套教材坚持“加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科”这一教育发展方向，以优化课程体系、强化实践教学、创新动画人才培养模式为目标，在深入调查、研究的基础上，基于学科创新、机制创新和教学模式创新的思维进行编写，并结合实际应用建立了极具针对性与系统性的学术体系。

动画艺术凭借独特的表达方式，逐渐凸显自身的艺术主体性，成为当代艺术创作的重要组成部分，对艺术教育的发展具有举足轻重的作用。动画技术的快速发展给动画教育带来了挑战，面对教材内容滞后、传统动画教学方式与培训机构思维方式趋同等问题，如何打破教学理念上的瓶颈，建立真正与美术院校动画人才培养目标相契合的教学模式，是我们面临的新课题。在这种情况下，迫切需要开展能够适应动画专业发展的教材改革与编写工作。

高水平的动画教材无疑对增强学生的专业素养有非常重要的作用，但目前供高等院校动画专业使用的动画基础书籍比较少，大部分是没有院校背景的培训机构编写的软件类书籍，内容单一，重视命令的直接使用而不重视命令与创作的逻辑关系，无法满足高等院校动画专业的教学需求，也缺乏工具模块的针对性和理论体系的系统性。针对这些情况，在编写本系列教材的过程中，编写人员在各层面深入实践，进行有利于提升教材质量的资源整合，初步集成了动画专业优秀的教学资源、核心动画创作教程、前沿计算机动画技术、实验动画观念、动画原创作品等内容，形成了多层次、多功能、交互式的教、学、研资源服务体系，使教材成为辅助教学的最有力手段。同时，在教材的编排上针对动画制作技术发展速度快的特点，保持知识的及时更新和扩展，进一步增强了教材的针对性，突出创新性和实验性，加强了创意、实验与技术课程的整合协调，注重培养学生的创新能力、实践能力和应用能力。本系列教材结合美术类专业院校的实际需求，持续优化内容和课程体系，立足人才培养的知识、能力和素质结构，构建综合型、实践型、实验型、应用型教材体系，加强实践性教学环节规范化建设，打造完善的实践性课程教学体系与教学模式，助力高校的专业核心课程建设。

依照动画创作的特性，本系列教材的内容分为前期、中期、后期三部分。教材编写过程中，系统地规划教材之间的衔接关系，整体思路明确，强调团队合作，分阶段按模块进行，内容上注重审美、观念、文化、心理和情感的表达。本系列教材可帮助学生厘清动画创作的目的，引导学生思考选择什么手段进行动画创作，加深学生对动画艺术创作的理解，去除创作中的盲目性、表面化，为学生梳理动画创作方法、总结实践经验，开阔学生的视野，为其创作提供多元思路，引发他们对作品意义的讨论和分析，使学生明确创作意图并能够选择恰当的表达方式创作出好的动画作品。

本系列教材以党的二十大报告提出的“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”为指导思想，遵循“坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动，加快建设教育强国、科技强国、人才强国，坚持为党育人、为国育才，全面提高人才自主培养质量”的原则，进行全面、立体的知识理论分析，引导学生建立动画视听语言的思维和逻辑，将知识和创作有机结



合，进一步提高学生的创新实践能力和水平。

本系列教材结合动画艺术专业的教学特点，分步骤、分层次、有针对性地对各教学环节进行规划和安排。在编写动画创作基础内容的过程中，对之前的教学效果进行分析，总结以往教学过程中的问题，进一步整合资源、调整模块、扩充内容，同时引入先进的创作理念，积极与一流动画创作团队进行交流与合作，通过有针对性的项目练习开展教学实践。

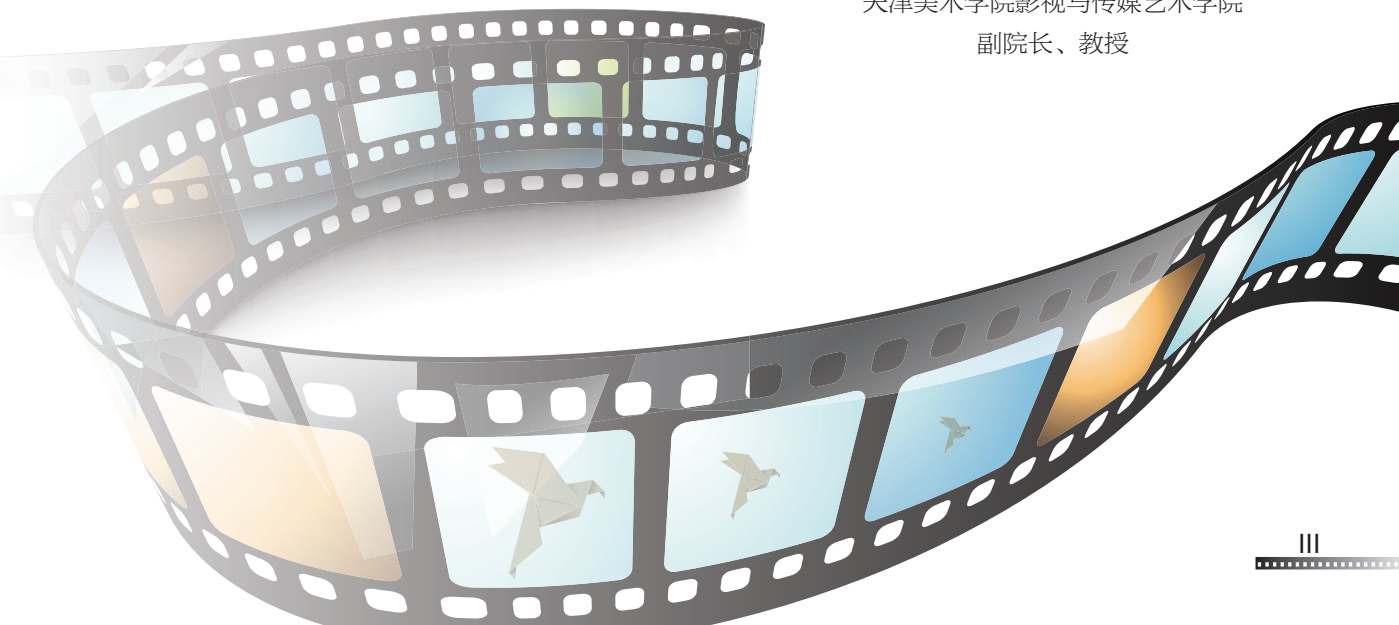
此外，教材编写组积极探索动画教学新思路，针对动画专业的新发展和新挑战，与专家、学者开展动画基础课程的研讨，重点讨论、研究动画教学过程中的专业建设创新与实践，并进行教材的改革与实验，目的是使学生在熟悉动画创作流程的基础上，能够体验如何在具体的动画制作中把控作品的风格、节奏、成片质量等，从而切实提高学生实际分析问题与解决问题的能力。

在新媒体环境下，我们更要与时俱进，力求使高校动画的科研成果成为带动产业发展的强大动力。本系列教材的编写从创作实践经验出发，旨在通过对产业的深入分析及对业内动态发展趋势的研究，推动动画表现形式的扩展，以此带动动画教学观念的创新，将研究成果应用到实际教学中，实现观念、技术与国际接轨，帮助学生打开视野、开拓思维，达到观念上的突破和创新。就目前教材呈现的观念和技术形态而言，其重要意义在于把最新的理念和技术应用到动画的创作中，为动画艺术的表现方式提供更大的空间，开拓崭新的领域，同时打破思维定式，提倡原创精神，起到引领示范作用，能够服务于动画的创作与专业的长足发展。

要实现中国动画跻身世界先进创作行列的发展目标，教育与科技必先行。我们希望本系列教材能够为中国动画的创作与发展起到积极的推动作用。

朱春娜

天津美术学院影视与传媒艺术学院
副院长、教授





前言

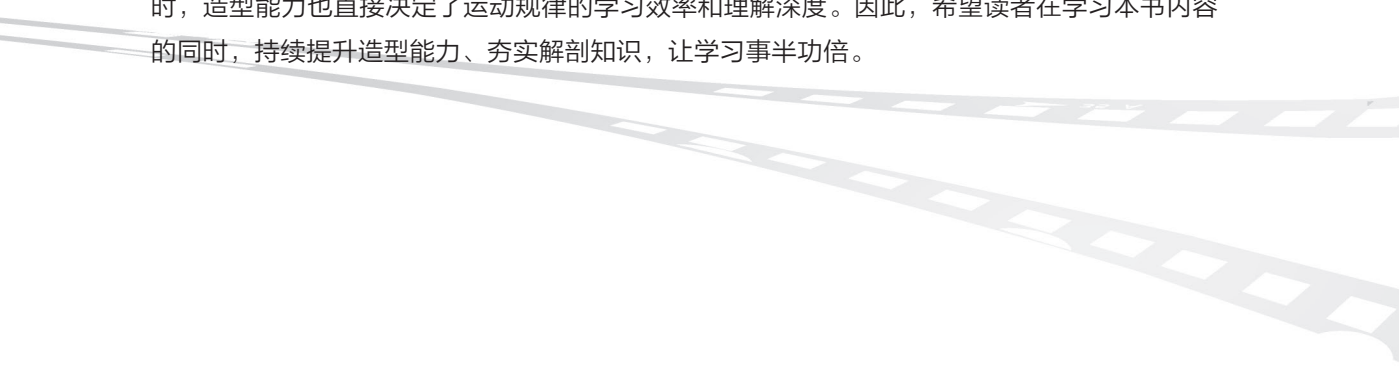
动画运动规律是动画中期制作的重要根基，动画中动作的真实感与表演的艺术感染力，都建立在对运动规律的精准运用之上。

长期以来，国内动画教学一直混杂美式和日式两套截然不同的制作工艺，常套用日式动画的概念去解读美式动画的创作逻辑，导致诸多专业核心概念出现偏差与混淆。例如，将美式动画的关键帧等同于日式动画里的原画；在模糊极端帧概念的前提下，将美式过渡帧与日式小原画混为一谈。这类问题，源于国内长期承接动画代工生产所遗留的行业弊病。本书先厘清并对比美式、日式两种动画制作体系，再以美式动画制作工艺为核心，围绕“过渡帧”这一关键环节展开系统讲解。

本书从美式动画设计的核心方法入手，先详细讲解事物运动的两大基本模块——移动和变形的制作技巧，再引导读者掌握基础力学原理，理解二者的组合逻辑，为学习动画运动规律筑牢理论基础。随后深入解析美式动画设计的核心方法——拆解对象，无论是复杂的镜头画面还是烦琐的角色动作，均可拆解为最小创作单元，大幅降低创作难度，高效解决各类动画动作设计难题。

本书各章节均对不同事物的形体结构展开详细解析，这是动作设计的基本前提，也是动画创作的首要步骤。只有充分掌握角色的形体构造与运动方式，才能合理开展后续的动作设计工作。书中还对自然界常见现象、各类生物的基础动作进行逐一解析，系统传授成熟的动作设计经验与实操技巧。比如动作衔接处理、插入过渡帧实现预备与缓冲效果、形体拆解后各部位动作时长的推演逻辑，以及复杂镜头的拆分与设计方法等。

此外，造型能力的训练也是学习运动规律的重要前提。没有坚实的造型能力，无论在传统手绘动画、数字二维动画、偶类动画，还是数字三维动画设计中，都难以创作出优质作品。同时，造型能力也直接决定了运动规律的学习效率和理解深度。因此，希望读者在学习本书内容的同时，持续提升造型能力、夯实解剖知识，让学习事半功倍。



动画运动规律是一门融合科学与艺术创作的课程，任何天马行空的创意想象，在动画设计中都不能脱离力学和角色结构这些客观基础，否则就会出现重量感缺失、滑步等违背运动常理的问题。与此同时，创作中又需要适度突破角色部分关节的生理限制，让动作更舒展柔和、更富表演张力。二者看似相互矛盾，深入研习后便会发现，实则互为支撑、相辅相成。

本书既是一本基础的运动规律理论教材，也是一本实用的动画设计工具书。希望读者通过本书，能够掌握动画的核心设计方法和思路，为未来的深入学习和工作实践打下正确、坚实且具备扩展性的基础，也能真正体会到动画设计的乐趣。

本书提供了教案、教学大纲、PPT课件、考试题库及答案等立体化教学资源，扫描右侧的二维码，推送到邮箱后，即可下载获取。此外，书中案例均配有效果展示，读者可扫描书中二维码，观看视频。

本书由余春娜、张玥、张乐鉴编写，李兴、高思、王宁、杨宝容、杨诺、白洁、刘晓宇、马胜、赵更生、陈薇、张茫茫、赵晨等也参与了本书的编写工作。

由于作者编写水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评、指正。



配套资源

编者
2026.1

目录

第1章

绪论

第2章

基础的思维方式

1.1 动态影像的形成原理	2
1.2 帧与帧速率	2
1.3 电视和电影的帧速率	3
1.4 动画的帧速率	3
1.5 运动规律与动画制作的关系	4
1.6 运动规律的评价标准	4
1.7 运动规律的学习方法	4
1.8 锻炼动画设计能力的小游戏	5
2.1 核心设计思路	8
2.1.1 美式动画的制作流程	8
2.1.2 日式动画的制作流程	8
2.2 移动和变形	9
2.2.1 移动	9
案例分析：物体移动	9
2.2.2 变形	10
案例分析：物体变形	10
2.2.3 移动加变形	12
案例分析：物体移动加变形	12
2.3 速度	13
案例分析：物体运动的速度	14
2.4 空间	15
案例分析：物体的透视运动	15

第3章

基础的研究方法

3.1	核心研究方法	19
3.2	基本力学分析	19
3.2.1	4种基本的力	19
	案例分析：弹球运动	20
3.2.2	不同材质物体的动作表现	22
	案例分析：不同材质的弹球运动	22
3.2.3	滚动	24
	案例分析：球的滚动	24
3.2.4	自由落体运动	25
3.3	惯性定律	26
	案例分析：飞刀运动	26
3.4	预备动作	27
3.4.1	预备动作的规则	27
3.4.2	预备动作的应用	27
3.5	跟随与重叠动作	29
3.5.1	跟随动作的定义和应用	29
3.5.2	重叠动作的定义和应用	29
3.6	夸张	30
3.6.1	夸张的概念	30
3.6.2	夸张在动画中的应用	30
3.6.3	夸张的方法	32

第4章

自然现象的运动规律

4.1	风的运动设计	40
4.1.1	波浪运动	40
	案例分析：波浪运动	40
4.1.2	旗帜飘动	41
	案例分析：旗帜飘动	41
4.1.3	微风	42

案例分析: 微风运动	42
4.1.4 旋风	42
案例分析: 旋风运动	42
4.1.5 在循环动作中插入帧的方法	42
案例分析: 芦苇运动	42
4.1.6 纸张飘动	43
案例分析: 纸张飘动	43
4.2 火的运动设计	44
4.2.1 火苗	44
案例分析: 烛火摇摆运动	44
案例分析: 烛火上升运动	45
案例分析: 烛火下降运动	45
案例分析: 烛火收缩运动	46
案例分析: 烛火扩张运动	46
案例分析: 烛火分离运动	47
4.2.2 火堆	47
案例分析: 火堆燃烧运动	48
案例分析: 火堆熄灭运动	48
4.3 水的运动设计	49
4.3.1 水滴	49
案例分析: 水滴运动	49
4.3.2 水流	50
案例分析: 小水流运动	50
案例分析: 大水流运动	51
4.3.3 水滴落地	52
案例分析: 水滴落地运动	52
4.3.4 水纹	52
案例分析: 水纹运动	52

第5章

鱼类的 运动规律

4.3.5 波浪	53
案例分析：波浪运动	53
4.4 雨雪的运动设计	54
4.4.1 雨	54
案例分析：小雨运动	54
案例分析：大雨运动	55
4.4.2 雪	57
案例分析：雪花飘落运动	57
4.5 烟雾的运动设计	58
案例分析：浓烟上升运动	58
4.6 光的运动设计	59
案例分析：闪光运动	59
5.1 纺锤形鱼的运动设计	63
案例分析：纺锤形鱼的运动	63
5.2 侧扁形鱼的运动设计	64
案例分析：侧扁形鱼的运动	64
5.3 平扁形鱼的运动设计	65
案例分析：平扁形鱼的运动	65
5.4 棍棒形鱼的运动设计	66
案例分析：棍棒形鱼的运动	66
5.5 蟹类的运动设计	66
案例分析：螃蟹的运动	67
5.6 章鱼的运动设计	68
案例分析：章鱼的运动	69

第6章

鸟类的 运动规律

第7章

人类的 运动规律

6.1	游禽的运动设计	71
	案例分析：游禽的运动	72
6.2	陆禽的运动设计	72
	案例分析：陆禽的运动	73
6.3	飞禽的运动设计	74
6.3.1	飞翔	74
	案例分析：鸟类飞翔运动	75
6.3.2	悬浮	76
	案例分析：鸟类悬浮运动	76
6.3.3	降落	76
	案例分析：鸟类降落运动	77
7.1	人体基础结构	79
7.1.1	人体骨骼	79
7.1.2	人体肌肉	82
7.1.3	男人与女人结构区别	85
7.2	人类的行走动作设计	87
	案例分析：人类行走动作	87
7.3	人类的跑步动作设计	94
	案例分析：人类跑步动作	94
7.4	人类的跳跃动作设计	96
	案例分析：人类跳跃动作	96
7.5	人类的肢体语言设计	97
	案例分析：人类肢体语言设计	97
7.6	人类的表情动作设计	99
	案例分析：人类表情动作	99
7.7	人类的口型动作设计	100

第8章

四足动物的运动规律

8.1 爪类动物的动作设计	103
8.1.1 爪类动物的行走动作设计	103
案例分析：爪类动物行走动作	103
8.1.2 爪类动物的慢跑动作设计	108
案例分析：爪类动物慢跑动作	108
8.1.3 爪类动物的快跑动作设计	110
案例分析：爪类动物快跑动作	110
8.2 蹄类动物的动作设计	111
8.2.1 蹄类动物的行走动作设计	112
案例分析：蹄类动物行走动作	112
8.2.2 蹄类动物的慢跑动作设计	114
案例分析：蹄类动物慢跑动作	114
8.2.3 蹄类动物的快跑动作设计	115
案例分析：蹄类动物快跑动作	115
8.3 灵长类动物的动作设计	115
8.3.1 灵长类动物的行走动作设计	116
案例分析：灵长类动物行走动作	116
8.3.2 灵长类动物的跑动作设计	117
案例分析：灵长类动物跑步动作	117

第9章

昆虫的运动规律

9.1 六足昆虫的动作设计	120
案例分析：六足昆虫爬行动作	120
9.2 八足昆虫的动作设计	122
案例分析：八足昆虫爬行动作	122
9.3 多足昆虫的动作设计	123
案例分析：多足昆虫爬行动作	123
9.4 节肢昆虫的动作设计	124
案例分析：节肢昆虫爬行动作	124

第10章

组合角色的 运动规律

第11章

动画运动规 律在舞动动 作中的运用

9.5 飞虫的动作设计	125
案例分析: 飞虫飞行动作	125
10.1 自然现象与人的组合	128
案例分析: 火人行走动作	128
10.2 鱼类与人的组合	129
案例分析: 人鱼游动动作	129
10.3 鸟类与人的组合	131
案例分析: 鸟人飞行动作	131
10.4 爪类动物与人的组合	133
案例分析: 狮人行走动作	133
10.5 昆虫与人的组合	135
案例分析: 虫人行走动作	135
11.1 舞蹈中动作的绘制方法	140
案例分析: 芭蕾动作设计	140
11.2 戏曲中动作的绘制方法	140
案例分析: 戏曲舞剑动作	140
11.3 武术中动作的绘制方法	141
案例分析: 武打动作	141

第12章

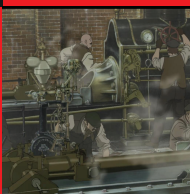
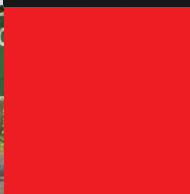
基础镜头的动作设计

- 12.1 基础镜头的动作设计流程····· 146
- 12.2 基础镜头的分层技法····· 147
- 12.3 基础镜头的制作方法····· 148
- 案例分析：练武镜头设计 ····· 148

第13章

动画运动规律的深层技巧训练

- 13.1 动画的整体与细节····· 156
- 13.2 通过音乐去感受时间····· 158
- 13.3 情绪的表现与控制····· 160
- 13.4 想象力练习····· 163
- 13.5 酝酿与爆发····· 166



第1章

绪论

-  动态影像的形成原理
-  帧与帧速率
-  电视和电影的帧速率
-  动画的帧速率
-  运动规律与动画制作的关系
-  运动规律的评价标准
-  运动规律的学习方法
-  锻炼动画设计能力的小游戏



初识动画制作

1.1 动态影像的形成原理

当我们观看电影、电视或动画时，明明看到的是一系列静止的画面，却能感觉到物体在连续运动。这种奇妙的现象，主要依赖于人类的生理特性——视觉暂留。

光线照射到视网膜细胞的感光色素上，感光色素会根据光照范围部分分解褪色，同时另一部分未被照射的感光色素不断合成复原，并在此过程中向神经传递信号，神经再将信号传给大脑，最终在大脑中形成画面。而感光色素恢复感光状态需要一定时间，这就构成了视觉暂留的机理，即当物体消失后，视觉影像并不会立即消失，而是会短暂保留约0.1~0.4秒。

基于视觉暂留原理，高速播放内容连续的影像时，就能使观众产生画面正在连续运动的视觉错觉。动画亦是如此，只不过播放的内容是绘制的画面而已。

1.2 帧与帧速率

在动态影像中，每一幅独立的静止画面被称为一帧(Frame)。帧是构成动态影像的最小单位，一段影片就是由成千上万帧画面按照时间顺序排列而成的。

帧速率(Frame Rate)是指每秒钟播放的帧数，单位是fps，它决定了动态影像的流畅程度。例如，24fps就表示每秒播放24帧画面。帧速率是动态影像的核心技术参数之一，直接影响观众对运动流畅度的观感。

那么，究竟需要多高的帧速率，才能让画面显得流畅呢？我们不妨先来看看电影长期普遍采用的标准帧速率——24fps。

《指环王》系列电影的导演彼得·杰克逊曾提到：“有声电影刚刚出现时，电影人选择24fps，是为了满足当时的技术要求。”24fps是能够录制出清晰音轨的最低帧速率，加之当时35mm胶片成本高昂，只能选用尽可能低的帧速率来控制制作成本。因此，绝大多数早期电影与动画都采用了24fps的制作标准。这并非因为24fps能带来最优的视觉效果，只是在可接受的画面效果下，它是最经济务实的选择。也就是说，24fps的帧速率标准，本质上是当年成本与技术妥协的结果。如今影像制作已全面迈入数字化时代，48fps、60fps乃至更高帧速率，都已实现成熟应用。



1.3 电视和电影的帧速率

如前所述，电影采用24fps的帧速率，是有声电影诞生初期，在音质、成本与画面效果之间权衡的结果。胶片拍摄通过胶片机逐帧曝光，将画面记录在胶片上并收纳于片盒之中，这种物理介质的特性，决定了其帧速率一旦确定便难以更改。

而早期电视的帧速率却能达到25fps或30fps。电视剧的制作成本相对更低，为何帧速率反而会高于电影呢？这是因为电视采用电子拍摄技术，摄影机拍摄的画面会转化为电子信号记录在磁带上。电视帧速率需要与各国的交流电频率(50Hz或60Hz)相匹配，以避免画面闪烁。例如，PAL制式(主要在中国、欧洲等国家和地区使用)，采用25fps，与50Hz交流电频率同步；NTSC制式(主要在美国、日本等国家和地区使用)，采用29.97fps(近似30fps)，与60Hz交流电频率同步。

电影依托化学感光成像，电视依靠电子信号记录，二者记录画面的原理截然不同，这也正是两者的帧速率存在差异的根本原因。

进入数字时代，帧速率不再受物理介质束缚，48fps、60fps乃至120fps的影像作品逐渐出现。更高的帧速率能带来更加流畅、逼真的视觉体验，同时对制作、存储与播放设备提出了更高的要求。如今，创作者可根据作品风格与播放平台，灵活选择合适的帧速率。

1.4 动画的帧速率

早期动画需要先绘制出一张张静止画面，再通过胶片机逐帧拍摄并记录在胶片上，才能进行放映。因此，动画制作也沿用了电影的24fps标准。但传统手绘动画为进一步控制成本，在保持24fps播放速率的前提下，采用了减少每秒实际绘制张数的制作技巧。

- 一拍一：每秒播放24张画面，每张画面拍摄1帧胶片。这是最流畅细腻的制作方法，但绘制工作量极大，每秒需绘制24张原画。
- 一拍二：每秒播放12张画面，每张画面拍摄2帧胶片。这是电视动画最常用的方法，在流畅度与工作量间达到理想平衡，每秒仅需绘制12张原画。
- 一拍三：每秒播放8张画面，每张画面拍摄3帧胶片。这是进一步控制成本的常用做法，画面中的动作会带有明显顿挫感，多用于特殊风格或低成本动画。

一拍二、一拍三只是减少绘制张数的技巧，并不改变24fps的播放标准。

如今数字化动画制作技术已十分成熟，软件可轻松完成补帧、调整时间轴等操作。从技术层面而言，已可直接制作24fps的全动画(一拍一)，不必为成本刻意采用一拍二



或一拍三等方式。但这些传统概念仍是理解动画运动规律的重要基础，它们直接决定动作的节奏感、流畅度及动画师对时间的把控。即便在普遍运用数字化技术进行创作的今天，一拍一、一拍二、一拍三依然是动画师之间沟通时间节奏的核心语言。

1.5 运动规律与动画制作的关系

在动画制作中，时间以帧数计算；距离则由每帧画面中形体间的变化距离决定。一个动作该用多少帧完成？每张画面的形体该画在什么位置、呈现什么形状？这些问题，都需要借助运动规律的知识来解答。

1.6 运动规律的评价标准

大部分动画的运动与表演，并非对现实状态的原样复刻。动画既能实现现实中无法完成的动作表演与运动形态，也能创作出现实中无法呈现的视觉画面，这正是动画艺术最独特的优势。即便如此，动画运动仍需遵循基础力学原理，贴合角色自身形体结构，这也让运动规律成为兼具科学依据与艺术表达的完整体系。遵循客观运动法则则是创作的基本底线，而依托规律展开自由的艺术演绎与创意想象，才是动画创作持续探索的核心所在。

1.7 运动规律的学习方法

- **理解理论知识：**明确每一帧图形应画成什么形状、处于什么位置，以及每个动作作用多少帧完成。
- **掌握研究方法：**通过观察、记录现实生活中的事物，分析并拆解其运动原理，进而研究总结运动方式。
- **熟悉制作技术：**学习一种动画制作软件的操作方法，或掌握传统手绘工艺，将所学知识应用于实践，再通过实践进一步总结经验。
- **提高自评标准：**大量赏析优秀动画影片，拓宽眼界，以提升自身对动画质量的评判能力。



1.8 锻炼动画设计能力的小游戏

本节分享一个趣味小游戏，带领大家尝试制作一个简易动画。在游戏过程中，我们不仅能培养兴趣，还能在潜移默化中提升动画设计基本功。

(1) 将纸张平均剪成豆腐块大小，每24张用订书机装订成一份，如图1-1所示。

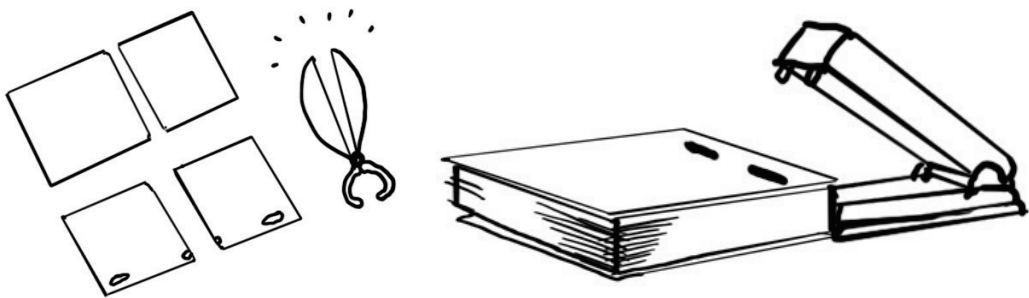


图1-1 纸张装订

(2) 每五份黏合成一本，如图1-2所示。



图1-2 纸张胶装

(3) 每张画面需参考上一张的形状绘制，如图1-3所示。

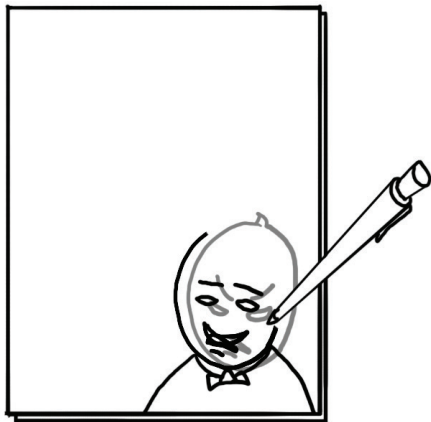


图1-3 在每张纸上绘制图案



(4) 绘制时请注意, 要从最后一页开始绘制, 如图1-4所示。

(5) 画完一本后, 可尝试翻动页面, 与朋友一同观看, 如图1-5所示。

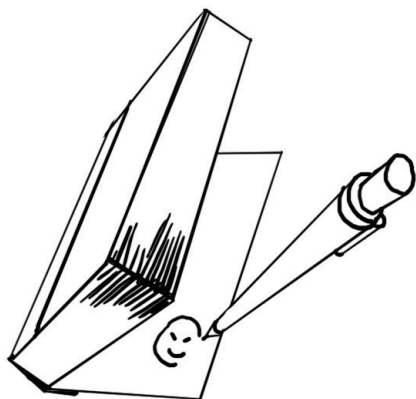


图1-4 从最后一页开始绘制

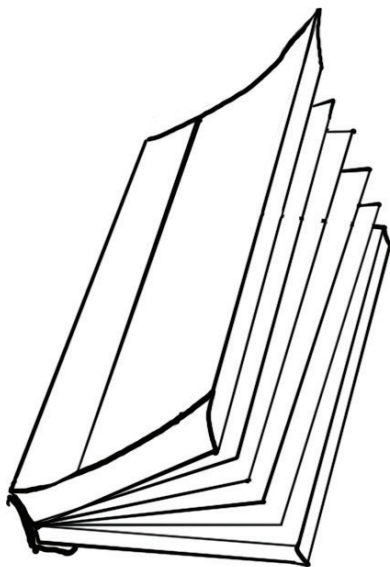


图1-5 翻动页面

(6) 切记选择光线充足的地方进行操作, 如图1-6所示。

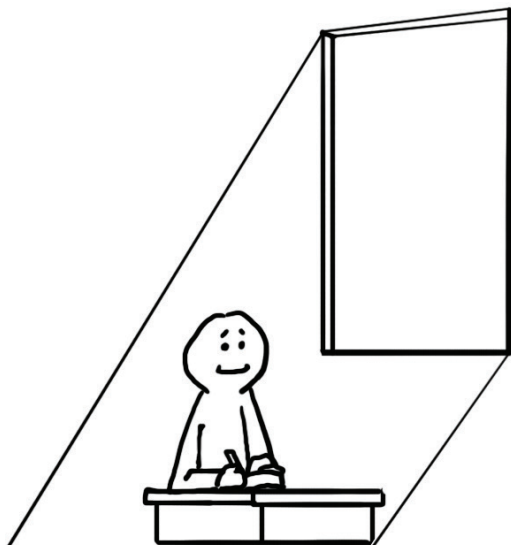


图1-6 在光线充足条件下绘制

第2章

基础的思维方式



-  核心设计思路
-  移动和变形
-  速度
-  空间



2.1 核心设计思路

动画制作主要分为两大流派，即美式动画与日式动画。本节将系统梳理两种动画的制作流程，为后续运动规律的系统学习搭建清晰的认知框架。

2.1.1 美式动画的制作流程

美式动画的制作流程如下。

- **关键帧(Key Frame)**: 叙述事件发展的画面。
- **极端帧(Extreme Frame)**: 角色一个动作里最夸张、最极限、最到位的关键姿态帧，是动作两头、转折最高点的关键原画，也就是美式动画里的两头关键帧。
- **过渡帧(Breakdowns)**: 处于极端帧之间，用于确定运动路径曲率的画面。
- **中间帧(Inbetweens)**: 将极端帧与过渡帧按轨目连接起来的画面。

在这4个步骤中，过渡帧是核心环节。在美式动画里，圆滑的运动曲线、丰富的动作细节、柔软的质感表现、不同质量的加减速变化……几乎所有表现力都源于过渡帧的设计。因此，在美式动画的制作过程中，几乎无须人工绘制“中间画”来衔接关键帧，到中间帧环节时，工作量已大幅减少。由于每一帧都属于设计工作，美式动画也形成了“动画师+助手”的工作模式，即动画师依据分镜头完成极端帧与过渡帧的设计，再由助手负责中间帧的绘制工作。

2.1.2 日式动画的制作流程

日式动画的制作流程如下。

- **设计稿(Pose)**: 依据分镜头细化角色姿态、构图与表演调度的关键画面，为后续原画绘制的基准。
- **原画**: 动作的起始画面、关键转折画面与结束画面。
- **小原画**: 位于两张原画之间，用于确定动作节奏与运动路径。
- **中间画**: 参照轨目与原画/小原画，补全动作过渡、实现画面流畅衔接的所有画面。

在日式动画制作过程中，原画师仅依据设计稿开展原画设计工作，熟练工负责小原画，最后将大量中间画交由一般人员完成。也就是说，日式动画中仅原画步骤是最关键的，也是唯一的设计工作，其余均为简单的连接工作。

对比两大流派不难发现，美式动画对动作的设计更细致严谨。不过，如今高品质的日本动画也开始大量采用美式动画的设计方式。

此处，介绍一种重要的设计思路——分层设计。美式动画创作中始终保持一个高效的



工作习惯：先将角色细致拆解为多个部分，逐一进行动作设计，再依据运动规律组合，进一步完善动作画面。这是值得学习的核心设计思路：将复杂事物拆解为简单单元，再逐个击破。

动画创作中，常会遇到大量复杂的联动场景，例如移动的城堡、城堡上飘扬的旗帜、晃动的窗户、漫步的士兵等。若每一帧都精细绘制，不仅耗时耗力，也很难保证动作的精准性与节奏感。因此，更高效的方法是先花时间对场景进行分层拆解，将复杂动作按结构拆分为独立单元，逐一设计完成；在此过程中，还可结合力学原理与运动规律进行推导，确保动作自然合理。这种拆解式设计思路，能在不降低画面质量与设计要求的前提下，大幅优化创作流程、减少重复性工作。

2.2 移动和变形

运动设计可简单分为两种：移动和变形。动画中的移动设计相对比较简单，只需依据轨目将物体复制到每帧画面的不同位置即可。

2.2.1 移动

■ 案例分析：物体移动

首先，确定球体移动的起始帧与结束帧的位置，再确定运动时间——需在3秒内完成72帧的位移，如图2-1所示。



效果展示



图2-1 起始帧和结束帧

其次，确定运动路径。本例中球体为直线运动，因此将两个圆心位置用直线连接即可。根据物体质量，利用运动力学原理分析其加速度，再将路径分割出轨目；该轨目与路径的交点，即为后续过渡帧或中间帧的圆心位置，如图2-2所示。

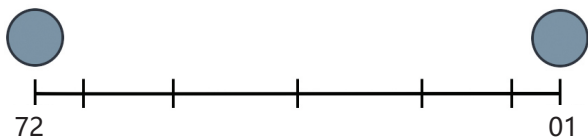


图2-2 分割轨目



最后, 根据轨目上标明的数量, 将72帧总长度平均划分, 并依次标注在轨目上, 再依据轨目将过渡帧复制上去。需注意将圆心对准轨目与路径的交点, 按照标明的帧数分割后连接中间帧, 即可得到一段球体移动的动画, 如图2-3所示。

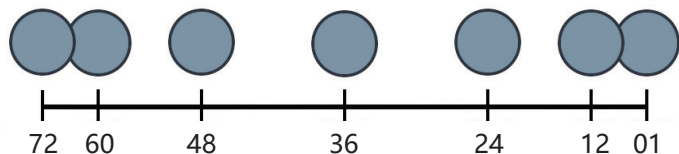


图2-3 球体移动的动画轨目

2.2.2 变形

变形运动的设计相对复杂, 需先将变化两端的形体拆解为基础的线和点: 直线可通过始端点与末端点配合准确定位; 曲线则需3个点来定位, 除始端点与末端点, 还需一个弯曲位置的顶点, 该点决定当前曲线的曲率。

将形体拆解为线和点后, 还需保证变化两端的形体拆分后的点在数量上一致, 且两端形体的点要对应编号。将这些点逐一连接以生成运动路径, 再通过划分轨目确定这些点的过渡帧与中间帧位置, 最终逐帧将这些点连接成线与形状。

案例分析: 物体变形

本实例讲解如何将一个圆形在1秒内变成五角星形。

先确定极端帧位置, 再明确时间总长度为24帧, 如图2-4所示。



效果展示

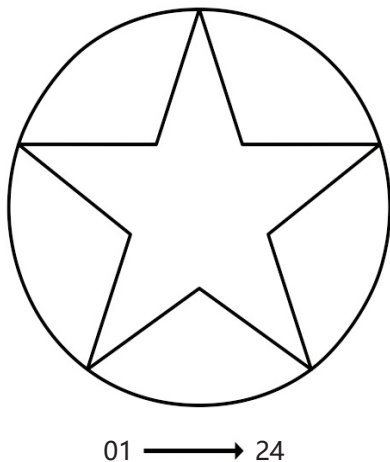


图2-4 24帧圆形变成五角星形动作



将五角星形与圆形分别拆解出数量相同的点：五角星形上拆解的均为直线段的连接点(即始端点与末端点)；圆形上拆解的则是曲线的始端点、末端点及弯曲位置的顶点。两个图形最终均拆分出10个点，如图2-5所示。

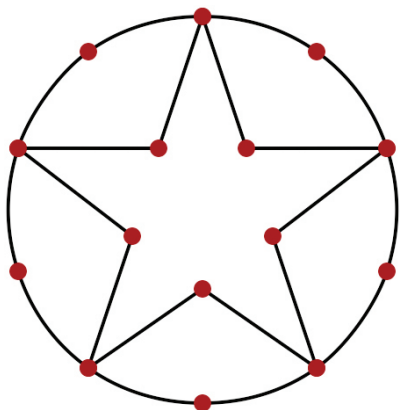


图2-5 拆分出10个点

将这些点逐一对应连接，此过程即为运动路径的设计过程。对运动路径进行3次中割后，可得到这些点的过渡帧位置；同时将时间总长度分成4份，确定这些过渡帧的时间位置，如图2-6所示。

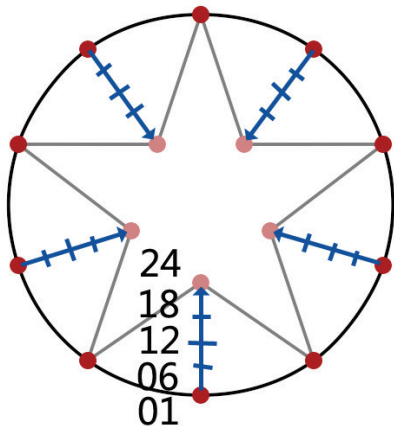


图2-6 过渡帧

逐帧重新连接这些点，生成各过渡帧的完整图形。同理，对中间画面进行中割，即可完成圆形变成五角星形的动作设计，如图2-7所示。

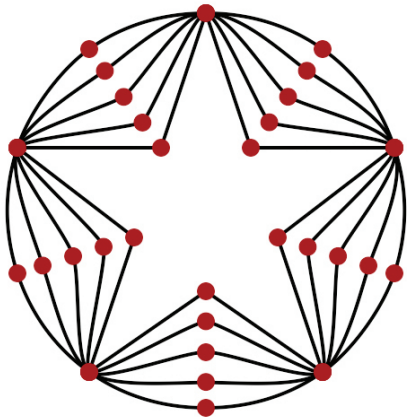


图2-7 连接过渡帧



2.2.3 移动加变形

当移动与变形同时发生时,可遵循先完成一个部分,再进行另一个部分的设计思路。应先完成难度较高的变形动作,在得到全部变形动作的过渡帧后,再设计移动路径并分出轨目,随后将变形的过渡帧按轨目位置摆放,最后通过中割补充剩余的中间帧即可。

案例分析:物体移动加变形

本实例讲解圆柱体翻落动画的制作方法。

先确定极端帧的位置,再设计动作整体时间为18帧。本例可将翻转动作视为“变形”动作,下落动作视为“移动”动作,随后逐步设计过渡帧,如图2-8所示。



效果展示

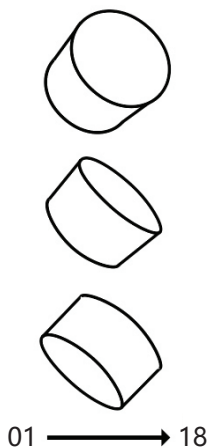


图2-8 18帧圆柱翻落动作

翻转部分的设计思路,是将极端帧位置上的形体逐一拆分,并保持点数相同;接着连接这些点以生成运动路径,根据过渡帧数量将路径平均分割得到轨目;之后逐帧连接轨目上的点,即可得到“翻转”动作的过渡帧形象,如图2-9所示。



图2-9 “翻转”动作的过渡帧



将“翻转”部分动作的过渡帧形象暂放一旁，待后续组合，如图2-10所示。

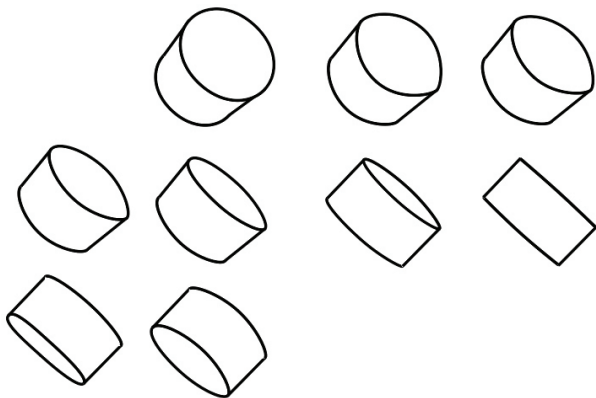


图2-10 “翻转”动作分解图

沿极端帧位置连接形体中心点，得到“下落”动作的运动路径；根据“翻转”动作的过渡帧数量，将该路径平均分割得到轨目。按顺序将“翻转”动作的过渡帧形象逐一 对准中心点位置，摆放在轨目上。同理，通过中割补充中间帧画面，即可完成圆柱体翻转下落的设计工作，如图2-11所示。

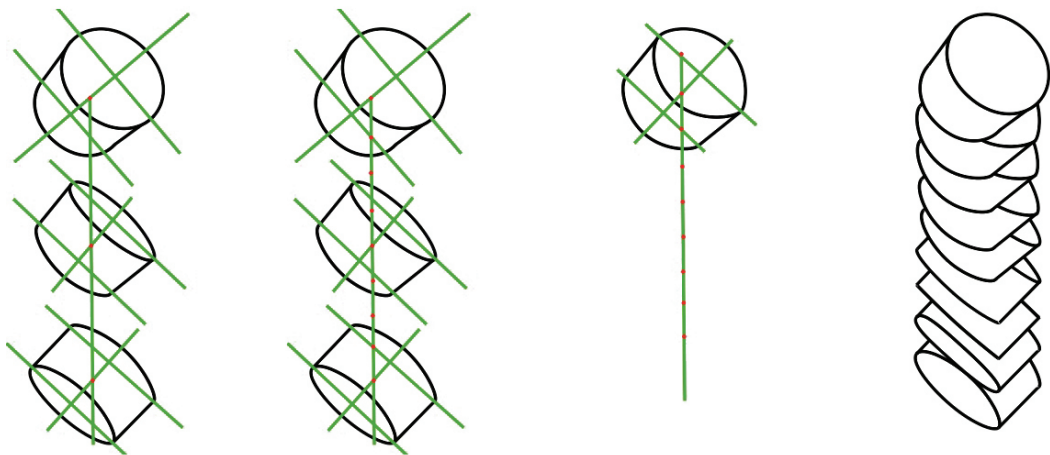


图2-11 “翻转”与“下落”动作的组合

2.3 速度

在动画中，速度可以理解为位移与时间的比值。其中，时间通常以帧数为单位来计算，而位移则指物体在画面中移动的总距离。因此，动画速度的控制主要遵循两个原



则：在总位移相同的情况下，完成该位移所用的帧数越多，代表时间越长，物体的运动速度就越慢；反之，帧数越少，速度就越快。在总帧数(即时间)相同的情况下，物体移动的总距离越长，其运动速度就越快；反之，移动距离越短，速度就越慢。

在设计动作时，我们通常用帧数控制动作的整体速度。由于关键帧在分镜头阶段已设计完成，物体或角色的移动距离往往固定，因此若要控制速度，只能通过调整动作的整体时间来实现。而进入细节动作设计阶段后，因整体时间已确定，通常可通过调整过渡帧之间的移动距离，来改变速度。

案例分析：物体运动的速度

本例讲解一个鞠躬动作的动画设计。该动作幅度小且简单，关键帧已确定鞠躬的角度，因此我们直接将关键帧作为极端帧，同时设计18帧的总体运动时间，如图2-12所示。



效果展示

确定总时长为18帧后，开始加入过渡帧。本例计划插入5个过渡帧，可将18帧总时长平均分为6份，每份为3帧时长，由此得到过渡帧的时间位置为3、6、9、12、15帧。由于需设计加减速过程，因此时间均分后，过渡帧的空间位置不能均分。连接头顶点的运动路径后，需将路径两端的轨目间距设计得较短，中间则对轨目进行等分。这样一来，在每段时间固定的前提下，动作开始时移动距离小、中间移动距离大、结尾移动距离又变小，最终形成从慢到快再到慢的变速运动过程，如图2-13所示。

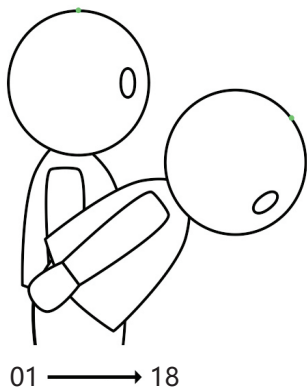


图2-12 18帧鞠躬动作

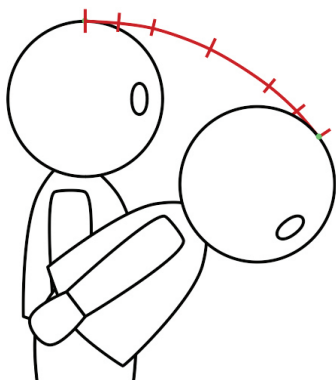


图2-13 确定过渡帧位置

接下来，只需以腰胯连接处为圆心、轨目点为半径结束端，将上半身复制到各过渡帧上，即可得到完整的过渡帧图形。同理，通过中割轨目补上各个过渡帧之间的中间帧，便可完成这个鞠躬动作的设计，如图2-14所示。

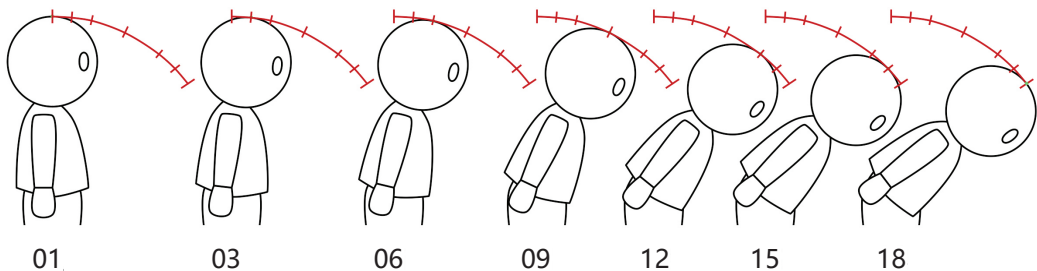


图2-14 鞠躬动作分解图

2.4 空间

大家是否发现这样一个现象：坐在车上往窗外看，车的速度虽未变化，但远处的景物移动较慢，近处的景物却飞驰而过；或者在街角目睹一辆轿车从面前疾驰而过，只有车辆靠近时，才能真切感受到它的速度，而当它从远处驶来，或是距离较远时，看起来移动会相对缓慢。这些现象背后，正是空间透视运动的核心规律“近快远慢”。

案例分析：物体的透视运动

本例讲解车窗外电线杆从远处移动到眼前的透视运动动画的制作方法。

确定极端帧位置，再设计整体动作时长为48帧，如图2-15所示。



效果展示



图2-15 确定极端帧位置

将两根电线杆的顶点用直线连接，即可得到运动路径，如图2-16所示。

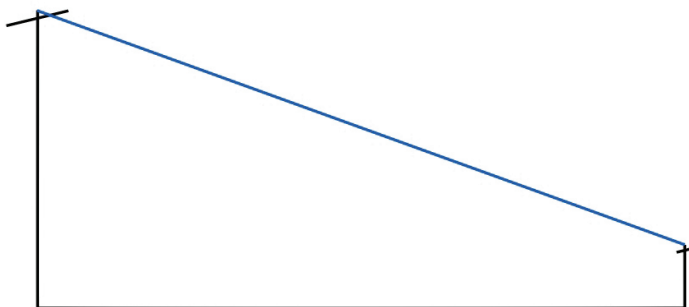


图2-16 连接电线杆顶端

找到运动路径后，不能直接对其垂直平分来确定中间点。需在两根电线杆之间画一个叉，将叉的中心垂直向上延伸，与运动路径相交的点，才是运动路径真正的中间点，这一过程体现了透视变化，如图2-17所示。

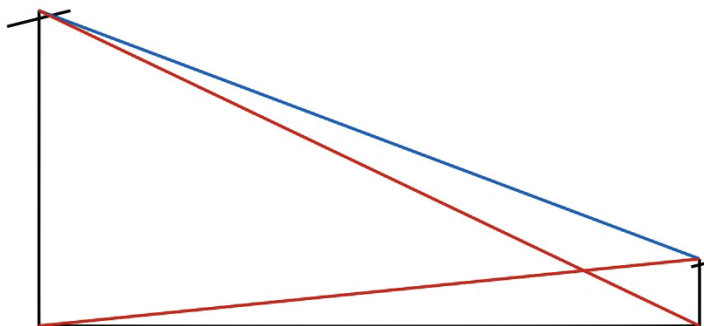


图2-17 中心点

从轨目垂直向下延伸至地面，即可得到第1个过渡帧的空间位置。该过渡帧的时间位置为24帧，恰好处于总时长一半的位置，如图2-18所示。

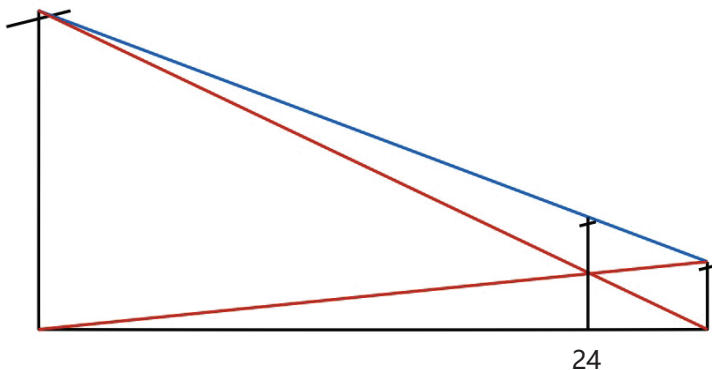


图2-18 第1个过渡帧空间位置



同理，可确定各个过渡帧的位置，通过中割补充中间帧后，便完成一根电线杆从远处移动到眼前的透视运动设计，如图2-19所示。

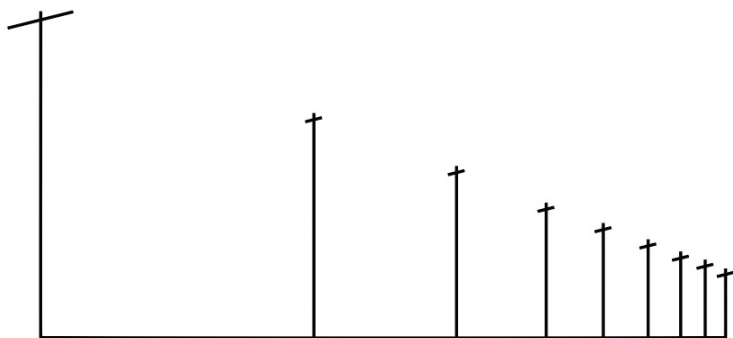


图2-19 电线杆从远至近的透视运动