



明天文库·动画系列

计算机 动画基础

JISUANJI
DONGHUA JICHU

丛书主编 彭玲

吴湛微 孔繁强 编著

上海交通大学出版社

明天文库·动画系列

计算机动画基础

吴湛微 孔繁强 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

计算机动画是 20 世纪后期逐渐发展起来的动画新技术,在动画、影视制作、游戏制作等许多领域有广泛的应用,如今已经成为数字艺术工作者必须掌握的一种技术手段。本书通过 10 章内容,以项目制作流程为线索全面介绍了计算机动画制作的关键技术和基础知识,包括:计算机二维动画的“线稿处理”、“上色”和“合成”,计算机三维动画的“通用建模流程”、“数字雕刻”、“角色装配”、“表情动画”、“非线性动画”、“动作捕捉”、“材质贴图”、“照明”和“渲染”。书中介绍的制作方法和技巧基本上涵盖了目前各种主流制作技术,并通过 14 个完整的实例告诉读者哪些技术可以用在动画制作的哪些环节上。

本书主要为大专院校计算机动画初级课程教学需要编写,适合相关专业低年级学生阅读,也可供动画爱好者作入门读物使用。

本书教学基于 MAYA 和 Mudbox 两款软件。

图书在版编目(CIP)数据

计算机动画基础/吴湛微,孔繁强编著. —上海:
上海交通大学出版社,2008
(明天文库,动画系列)
ISBN978-7-313-05322-0

I. 计... II. ①吴...②孔... III. 动画—图形
软件—软件设计 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 127080 号

计算机动画基础

吴湛微 孔繁强 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:14.25 字数:265 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

印数:1~3 050

ISBN978-7-313-05322-0/TP·697

定价(含光盘):35.00 元

ISBN978-7-900697-00-4

总 序

对于动画的教育和研究,我是一个外行,但作为一个动画爱好者,自忖对动画的喜爱程度可能在平均水平之上。且不说童年时代观看《大闹天宫》等经典片后的终生难忘,也不说作为家长陪伴儿子观看《猫和老鼠》、《狮子王》、《七龙珠》等舶来品时的其乐融融,即便时至今日,虽然公务繁忙,但只要有诸如《汽车总动员》、《加菲猫》、《变形金刚》等佳作播映,我仍尽可能抽出时间来一睹为快。

不过,一个众所周知、且令国人不能不感到苦涩的现象是,这个领域和市场多年来被海外,特别是美欧日韩等国家的产品“垄断”得太久了,甚至连孙悟空、花木兰等中国传统文化的资源也被这些海外产品所运用而大获其利,可本土的优秀动画产品却几乎销声匿迹了。对此,如果单以“文化帝国主义”的义愤和口号责之,似乎并不全面(文化产品的输入输出毕竟是自愿交流的过程),也于事无补。

但不管怎样,近几年来,从中央到地方,从城市到农村,从家庭到学校,从成人到儿童,在全国范围内有一种呼声日趋强烈,有一个共识正逐渐形成,即:这种局面不能再持续下去了!因为,在当今这个全球化、信息化的时代,无论从经济(文化娱乐产业作为拉动国民经济的火车头)、政治(文化精品构成提升国家形象的软实力),抑或文化(弘扬中华文化)、教育(培养新一代接班人)角度看,振兴包括动画产业在内的文化产业,都已然是一个迫切需要探讨、解决的现实而重大的课题。

有数据显示,当前全球动画产业总值大约为 2500 亿美元,约合人民币 2 万亿元,而中国仅为人民币 180 亿元,不到 1%;我国一年播出动画节目的需求量大约为 26 万分钟(等于 4300 多个小时),而现有动画机构的生产能力仅 2 万分钟(300 多个小时),缺口达 24 万分钟(约 4000 个小时);我国动画专业队伍需求量大约为 15 万人,而当下不到 1 万人。

所有这些,无不表明,中国要跻身于世界的文化大国、动画大国之列,既是一个光荣而艰巨的目标,也是一个庞大而系统的工程,必须集中全民的智慧,付出辛勤的努力,依靠社会各个方面的扶持和配合,包括:加大投入、放宽政策、健全法制、学习先进,等等,还有一个不可或缺的关键就是:培养人才——特别是兼通艺术、技术,并富有原创性、复合型的高端人才。

正是在此背景下,上海交通大学媒体与设计学院充分发挥百年名校、工科强大、文理交融、艺术和技术结合等独特优势,从2005年起,在彭玲教授的带领下,有效整合本院影视系、传播系、设计系的力量,组建了动画教学与科研团队,以高度的社会责任感、历史使命感,适应社会和市场的需要,开设了一系列动画专业的核心课程,取得良好的教学效果。同时,完成了上海市哲学社会科学规划项目《中外动画原创性比较研究》等一系列成果,包括专著1本、期刊论文25篇、研究生和本科生论文27篇。不仅如此,通过教师带领学生“边学边干”的方式,还创作了一批出色的动画作品。在这个过程中,一批经过课堂和实践检验、受到学生肯定的教材也就逐步成型、呼之欲出了。

我欣喜地得知,在上海交通大学出版社的大力支持下,这套共计14本基本涵盖了动画专业核心课程的教材系列丛书即将陆续付梓。在此,谨向各位作者、编辑,特别是彭玲教授,表示衷心地祝贺和感谢!

优质的教材是人才培养的重要一环,一旦它与优质的师资、生源形成良性互动,则整个学科建设必能跃上一个新的台阶。尽管这套教材的品质和水准,包括科学性、前沿性、实用性、可读性等,还将进一步接受广大读者的考核和评判,但“千里之行,始于足下”,只要作者团队本着虚心态度,再接再厉,精益求精,就一定能不断走向成熟和完善。

但愿全社会都行动起来,群策群力,众志成城,关注本土动画,提升中华文化,则中国动画产业、文化产业繁花似锦的美好未来,就指日可待了!

张国良

(上海交通大学媒体与设计学院院长)

2007年8月

前言

在计算机动画的教学过程中,我们发现初学者最大的困惑往往是:“我应该学习哪些知识。”由于计算机动画尤其是三维动画,涉及许多复杂的技术环节,而每一个技术环节又有种类繁多的软件可供选择,因此初学者产生类似的疑问非常正常。要解决这个问题,我们认为首先应当将目光从软件上移开。事实上,抱着“我要学会 MAYA”、“我要学会 3DS MAX”的想法来学习计算机动画并不是一个很好的思路,这常常让初学者忘记了学习的最终目的,从而迷失方向。

如果换个角度来思考这个问题,例如“如果要使用三维软件制作一部动画,我至少需要学习哪些知识”,就会感觉轻松许多。读者带着这个问题来学习,就会了解哪些内容是最重要的,必须马上学会;哪些内容不是那么急迫,可以留待以后慢慢了解的。时间对每一个人而言都是非常宝贵的,应该把它用在最需要的地方,像计算机动画这样一个知识更新非常迅速的领域就更是如此。

一个最为明显的例子是,目前计算机动画建模有 NURBS、多边形和细分表面三种方法,每一种方法都需要大量的练习才能掌握。然而,如果读者只是打算在游戏制作过程中使用三维建模,则只需要学习多边形建模就足够了。因为游戏工业目前只使用多边形模型,所以学习其他两种方法的价值不大。

本书包含的内容

本书以“如何利用计算机制作一部动画”为主线来介绍计算机技术在动画制作流程的运用。因此读者将首先了解一个完整的动画制作流程,然后是计算机二维动画技术对传统工作流程的改进,最后也是最主要的,是计算机三维动画的工作流程和关键技术,包括:建模、装配、动画、材质、贴图、灯光和渲染。

本书没有把大量篇幅用在对技术细节的描述上,而是通过一些具体的实例告诉读者哪些技术可以用在动画制作的哪些环节上,以使读者能在短时间内对动画制作过程有一个全面而清晰的把握。书中所有的例子在配套光盘中都有对应的项目文件,可供读者参考。同时针对读者想进一步了解技术细节的需要,在书中也给出了一些推荐读物。

尽管本书按照典型的动画生产流程安排章节:从建模到渲染,但读者可以不必按

照顺序阅读。随书光盘提供了各个中间阶段所需要的项目文件,允许读者跳到任何一个章节学习。与使用其他指导手册一样,可以集中精力于感兴趣的主题或首先需要完成的任务。

本书面向的读者

毫无疑问,本书是面向计算机动画初学者的一本入门级读物。然而入门读物并非是粗浅或者过时的代名词,事实上本书几乎涉及了目前动画领域所有的主流制作技术及其在工作流程中的应用,因此对于任何希望全面把握计算机动画制作流程的读者都会有所帮助。

阅读本书并不要求掌握特定的技术或者各种艺术背景知识,当然读者如果能了解一些计算机科学、绘画和摄影方面的基础知识就更好。考虑到本书的主要读者集中在18~22这一年龄层,所以书中对于一些基本术语和理论(例如:前向运动、反向运动等技术术语,景深、景别等艺术术语)都作了简单的介绍。

无论如何,对于希望进入计算机动画领域的同学和爱好者,学习本书内容将会是一个轻松的开始。

软件和硬件要求

本书使用了三种软件产品,分别是计算机二维动画的 Animo,计算机三维动画的 Maya(主要是 7.0 版本,部分新特性用到了 8.5)和 Mudbox 1.0。本书提供了相关项目文件,但没有提供这三款软件的试用版或学习版。读者需要自己准备相关软件及能够支持软件运行的硬件环境。Maya 和 Mudbox 这一类三维动画软件对计算机配置的要求较高:首先,必须具备一个快速的 CPU;其次,较大的内存容量对于处理大场景文件会非常有利;最后,如果希望 Maya 场景能很快地更新以实现更好的交互设计环境,那么一块功能强大的图形显示卡也是必要的。虽然 Maya 也能运行于低级图形卡上,但缓慢的场景重绘速度会让设计人员浪费大量时间,还有可能产生一些怪异的显示效果。一块专业 3D 图形卡(例如:nVidia Quadro 或者 ATI FireGL)当然是最好的选择,但这些显卡通常价格过高,让人难以承受,可以考虑用相似规格的游戏显卡代替。但游戏显卡并非专为设计需求而优化,因此性能上不如专业显卡,且偶尔可能出现显示故障。

为较好地处理本书中的项目文件,下面列出计算机的推荐配置:

- Intel Pentium 4 3.2G 以上 CPU,2G 以上内存,nVidia Quadro FX1400(专业显卡)或 nVidia Geforce 7800(游戏显卡)以上显卡。

其中,CPU 也可选择性能相近的 AMD 产品,显卡也可选择性能相近的 ATI 产品。

读者也可以访问 Autodesk 公司的网站(www.autodesk.com/maya-qualified-hardware)以获得 Maya 软件的推荐硬件列表。

关于三维动画软件的学习

三维动画是一门实践性很强的知识,最好的学习方法自然是动手练习。但是在练习之前也应该对一些基本的概念有所认识,明确学习的方向和需要提高的地方,否则就比较盲目,使效率低下。因此作者推荐以下的学习流程。

第一阶段:看完一本完整地介绍三维动画制作流程和关键技术的参考书,了解基本的概念和术语。这一阶段不要把注意力过多地放在细节问题上,也不强求一定做出书中的示例,只要求构建整体的认识。至于参考书,本书就是为了这个目的撰写的。另外,由 John Kundert-Gibbs 等编写,电子工业出版社出版的《Maya7 从入门到精通》也是一个不错的选择,但该书涉及的细节更多,因此篇幅也较长。建议读者在第二阶段的学习过程中结合看这本书,可能会有更多收获。

第二阶段:通过第一阶段的学习,读者应该已经对动画制作各个环节有了大致的了解,包括建模、装配、动画、渲染等。选择一个感兴趣的课题,找一些讲述该主题具体制作过程的学习材料,跟随学习材料做出自己的作品。学习材料一般可分为文字材料和视频材料两类,作者更倾向于推荐视频教材,因为三维软件的操作非常复杂,仅靠文字很难描述清楚。读者很容易在一些细小的地方卡住,从而浪费大量时间。Maya 的视频教材以 Autodesk、Digital Tutors 和 Gnomon 出品的质量较好,这些材料可以通过网络下载或邮购获得。相对而言,Digital Tutors 的教材更容易理解,比较适合初学者,而 Gnomon 和 Autodesk 的教材更深入,可以做提高之用。遗憾的是,上述视频都是英文教材,目前国内还没有引进中文版,所以读者需要具备一定的英语听力和阅读能力。本书将在各章节分别推荐一些此类教材,供读者参考。

第三阶段:购买业内专家编写、针对特定主题的参考书,作深入的研究,例如《The Art of Rigging》这样的深入探讨某一主题的著作。这时需要的可能不仅仅是动画方面的知识,还包括:解剖学、绘画和雕刻艺术、摄影甚至物理学、编程和计算机图形学等,只能由读者自己有选择性地掌握。

第四阶段:此阶段你可能已经是某一方面的专家了,可以考虑把自己的知识拿出来与大家分享。有一些很好的网站可以供你和其他人交流心得,例如:www.highend3d.com。

第1章 动画基本概念 / 1

- 1.1 什么是动画 / 1
- 1.2 传统手绘动画的制作流程 / 2
- 1.3 动画技术的发展 / 13

第2章 计算机图像和动画发展简史 / 14

- 2.1 萌芽期:1961~1969 年 / 14
- 2.2 发展期:1970~1990 年 / 17
- 2.3 成熟期:1991 至今 / 32

第3章 计算机二维动画 / 37

- 3.1 计算机二维动画概述 / 37
- 3.2 处理线稿 / 39
- 3.3 上色 / 44
- 3.4 计算机二维动画的合成技术 / 49

第4章 计算机三维动画概述 / 58

- 4.1 计算机三维动画的制作流程 / 58
- 4.2 计算机三维动画制作系统 / 59
- 4.3 认识 MAYA / 67
- 4.4 推荐读物 / 76

第5章 角色建模 / 77

- 5.1 计算机建模的基础知识 / 77
- 5.2 多边形建模 / 79
- 5.3 NURBS 建模 / 82
- 5.4 细分表面建模 / 84
- 5.5 通用建模流程 / 87
- 5.6 数字雕刻 / 96
- 5.7 推荐读物 / 104

第6章 角色装配 / 105

- 6.1 角色装配的基础知识 / 105
- 6.2 变形器 / 106
- 6.3 前向运动与反向运动 / 114



6.4 控制器和约束 / 117

6.5 附加知识 / 120

6.6 面部装配 / 124

6.7 推荐读物 / 128

第7章 角色动画 / 129

7.1 角色动画基础 / 129

7.2 姿势到姿势 / 133

7.3 非线性动画 / 137

7.4 动作捕捉 / 145

7.5 推荐读物 / 149

第8章 材质与贴图 / 150

8.1 为三维模型着色 / 150

8.2 材质 / 152

8.3 贴图 / 159

8.4 推荐读物 / 171

第9章 照明与渲染 / 172

9.1 照明 / 172



9.2 虚拟摄像机 / 181

9.3 渲染 / 185

9.4 推荐读物 / 199

第 10 章 CG 技术的应用和发展趋势 / 200

10.1 影视应用 / 200

10.2 视频游戏 / 203

10.3 科学研究(以医学为例) / 207

10.4 辅助设计(以服装设计为例) / 210

10.5 展望 / 214

主要参考文献 / 215



第 1 章 动画基本概念

1.1 什么是动画

1.1.1 动画的原理

“动画”一词来源于英文 Animation 或 Animated Cartoon, 韦伯斯特大词典的解释是:由一系列图画构成的运动图像,或一组对木偶、泥塑进行拍摄,并通过每幅图形的细微改变模拟目标物的动作。图画当然不会真的动起来,从科学的观点来看,我们之所以认为动画会动,是由于人类视觉的局限性。当图像的更新超过一定的速率(大约在每秒 18 次到 24 次之间),一种称为“视觉暂留”的生物物理现象就发生了。这一现象产生的原因是:为了进行图像特征的识别,图像在人的大脑中需要停留相当长一段时间,远远长于在视网膜上成像的时间。这样一来,即使图像在不停地闪烁,只要每次闪烁的时间间隔足够小(大约 50ms),这幅图像就会一直停留在大脑中,好像它并没有闪烁一样。而当一系列(离散的静态)图像以一定的速率闪烁时,人的大脑将把这些图像混合起来(因为前一幅图像还未消失,后一幅就进入了),形成目标在连续运动的错觉。这种有趣的错觉就是所有活动影像技术,包括电影和电视,能发生作用的基础。想象一下,如果一个人大脑的图像处理能力足够快,以至于不会发生“视觉暂留”,那么我们所欣赏的影视作品在他/她看来就像是幻灯片一样,毫无乐趣。

1.1.2 动画的制作

动画制作的目的是很明确的,就是得到足够数量连续的图像。以动画电影为例,电影播放的速率是每秒 24 幅图像,所以为了创作一部长度 90min 的动画电影,就需要制作 $90 \times 60 \times 24 = 129\,600$ 幅连续的图像。当然这些图像并非从头到尾一直都是连续的,而是按照叙事的需要分成许多组,每一组称为一个镜头,包含一系列连续图像。实际制作时,每个镜头又被划分为各种要素,交由专人负责(关于动画制作的具体流程,将在 1.2 节中介绍)。毫无疑问,这是一项非常艰巨的任务,即使是迪斯尼动画这

样的大工作室也需要 1~2 年才能生产一部动画长片。

1.1.3 动画的分类

本书讨论的主要对象是动画制作技术,因此从这个角度将动画分为四类:

第一类完全通过手工绘制每一幅图像,然后在赛璐珞片上描绘上色,并拍摄成影片。这是最传统的动画制作方式,称为传统手绘动画(Cel Animation)。

第二类使用各种材料,包括:木偶、泥塑、金属甚至剪纸,制作微缩模型,将模型摆放成各种姿势并拍摄成片。这一类称为定格动画(Stop Motion Animation)。

第三类手工绘制图像的线稿,然后输入计算机上色(代替手工上色),通过计算机图像处理技术(代替传统拍摄)合成影片。这一类称为计算机二维动画(Computer Graphics 2D Animation)。

第四类在计算机中创建虚拟三维模型,并由计算机控制模型的运动,最后使用计算机渲染技术获得最终影像。这一类称为计算机三维动画(Computer Graphics 3D Animation)。

本书只涉及到后两类动画的制作,但为了对整个动画制作流程有一个完整的掌握,我们还是必须从传统手绘动画谈起。

1.2 传统手绘动画的制作流程

传统动画的制作过程可分为前期策划、中期创作、后期制作三个阶段,按照图像来源的不同,又可分为手绘(Cel Animation,手工绘制图像)动画和定格(Stop-Motion Animation,逐格拍摄木偶或粘土模型)动画。图 1.1 以手绘动画为例描述了传统手绘动画的制作全流程,定格动画只须将角色动作原画、角色动作动画和描上改为模型制作和变形即可。

1.2.1 动画的前期策划

从形成创意、组成摄制组到正式绘制之前的所有工作均属于前期策划阶段。在这一阶段,由制作负责人召集电视台、制作厂家、发行公司和剧本作者作充分的沟通,了解投资方的期望和观众的动向,共同讨论并编写故事大纲,考证故事的时代背景和内容,确定影片风格,设计有特色、有个性,能够与市场结合的角色造型,确定作品的方针和放映时间,并评估制作费用等。这一阶段的主要任务是完成影片的剧本设计、分镜

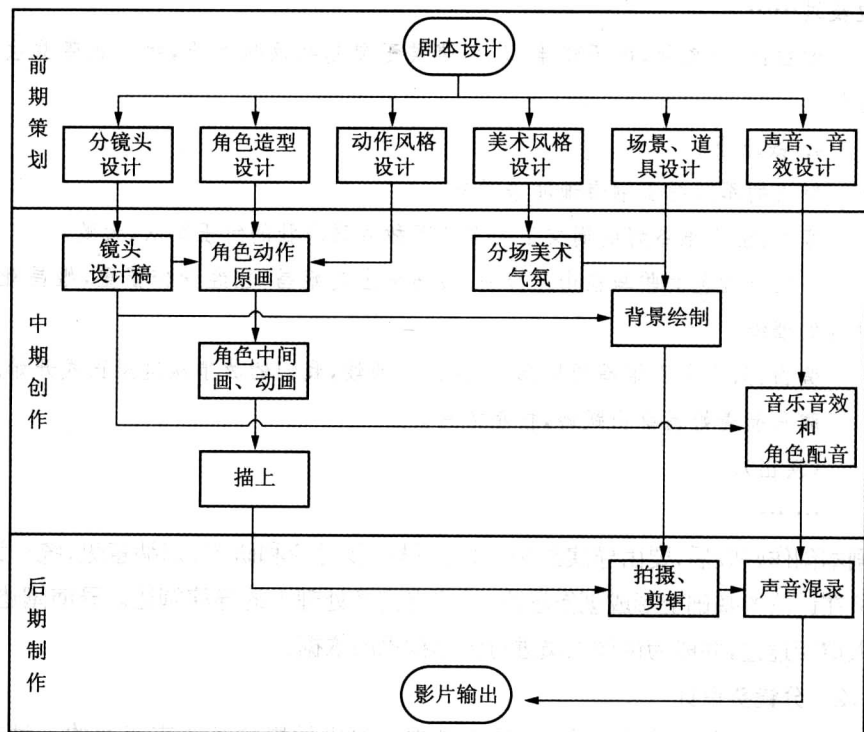


图 1.1 传统手绘动画的制作流程

头设计、角色造型设计、动作风格设计、场景和道具设计和声音和音效设计。

1.2.1.1 剧本设计

剧本是将创意以文字形式表达出来,写出事件的特定顺序。剧本可能是原创,也可能是改编;可能非常详细,也可能很简练。下面是央视国际动画片《哪吒传奇》的部分剧本:

... ..

2. 朝歌某平民家院子

纣王的笑声从空中传来。

一家五口,爷爷、奶奶、爸爸、妈妈还有两岁的孩子跨出家门,在院子里下跪,小孩子吓得哭了起来,妈妈紧张地用手捂住孩子的嘴,眼睛里流露出惊慌的神情。

3. 朝歌城大门

纣王的大队人马浩浩荡荡冲出了朝歌城。

那个可怜的老人被上了枷锁,发出凄厉的喊叫声,纣王的马队和车轮从他身

边驶过……

旁白:纣王残暴,民不聊生,几个诸侯王要起兵反抗纣王,纣王正带兵去讨伐他们。

4. 战场上。

纣王的军队排山倒海地冲杀过来。

旁白:没有准备好的周文王的军队不敌兵强马壮的纣王军队,大败。

一匹枣红色的骏马在山间奔驰,骏马背上的是姬昌,已经受伤很重,姬昌死死抓住马的缰绳。

旁白:只有文王姬昌死里逃生,回到了西岐,我们的故事从这里正式开始。

骏马驮着姬昌翻山跃岭,披星戴月。

(淡出)。

… …

剧本创作好以后,要由导演组织主创人员反复讨论和研究,归纳意见、统一认识。导演将在讨论的基础上形成创作思路,并写出艺术处理上的导演阐述。导演阐述需经制片人审阅通过,并成为创作人员进行创作构思的依据。

1.2.1.2 分镜头设计

分镜头本,也称为分镜头台本,是将剧本以可供拍摄的镜头来表达的一种方法。一般由导演及助手对剧本进行二次创作,按影视表现手法把剧本分成连续的镜头,每个镜头依次标号,写出内容和处理手法。分镜头本可能仅由文字描述,称为文字分镜头本。但更常见的是,配以每个镜头草图的分镜头本,称为画面分镜头本。有的动画公司要求更高,将画面分镜头制成彩色稿,称为故事板(多见于欧美商业动画片)。图 1.2 展示了央视国际动画片《哪吒传奇》的哪吒重生一幕的部分分镜头台本。

1.2.1.3 角色造型设计

如果作品是改编自漫画,则人物造型已由原作者设计好,造型设计只要在原造型的基础上进行省略和修饰即可。如果作品是原创的,则需根据剧本描述的角色性格、特征进行角色的造型设计,造型设计不但要符合动画片的动作要求,而且要符合动画片整体美术风格,有强烈的个性特点,能给观众留下深刻印象。造型设计的任务包括:角色的标准造型、转面图(通常都有正面、侧面、背景)、结构图、比例图(角色与角色、角色与景物、角色与道具之间的比例)、服饰道具分解图、形体特征说明图(角色所特有的表情和习惯动作)及口型图。图 1.3 展示了迪斯尼动画《花木兰》的一张角色造型设计图。

S. C.	PICTURE	NOTE	DIALOGUE	S	M	BG
247		△鹤飞入 △太乙落下 △殷氏: 您是?	△④→⑤ △鹤飞入 △太乙落下 △殷氏: 您是?			8"
248		△太乙	“这个莲花是 女娲娘娘” 降下来的			5"
249			殷氏 “女娲娘娘”			2"
250		△太乙点头 捻胡须: △镜头拉出 △太乙挥动 拂尘	我们大家都 有一个愿望 希望哪吒还 活着, 这个 愿望就会实 现了			10"

图 1.2 《哪吒传奇》部分镜头台本

图 1.2 中主要部分的英文缩写含义如下:

C. 镜头编号

PICTURE 镜头画面

NOTE 镜头描述

DIALOGUE 角色对话

M 镜头时间长度

BG 背景画编号

注:镜头描述的内容比较多,不但包括角色动作的描述(文字说明),如编号 247 中的“太乙落下”,还包括镜头运用、景别大小等说明(多以特殊符号表示),如编号 247 中的“④→⑤”。背景(BG)指背景设计图的编号,一般不会在分镜头本中指定,而是会在镜头设计稿(见后文 1.2.2.1 小节)中确定。