

影视特效镜头跟踪技术精粹

李伟 编著



Matchmoving

DVD

2张DVD光盘，容量总计10GB

6个基本的视频教程

16个教程镜头素材、项目工程文件

精彩视效demo



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

影视特效镜头跟踪技术精粹

Invisible Art of Camera Tracking

李伟 编著



Matchmoving

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

影视特效镜头跟踪技术精粹 / 李伟编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2010.12
ISBN 978-7-115-23863-4

I. ①影… II. ①李… III. ①电影特技—图象处理
IV. ①J916-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第184954号

内 容 提 要

本书是国内第一本全方位介绍镜头跟踪体系的教材,由国内一线视效公司的资深运动匹配师撰写。

全书分为5篇介绍了影视特效领域中的镜头跟踪内容,主要以boujou和MatchMover Pro为例。集中讲述了运动匹配的工作体系,包括整体的工作流程,运动匹配程序原理的阐述,如何进行前期的拍摄的现场控制,后期怎样进行完整的镜头跟踪,如何处理疑难的镜头跟踪并尽可能地提升跟踪质量,以及跟踪数据在其他场合的应用。

本书附带两张DVD高清多媒体教学光盘,内容包括boujou和MatchMover Pro的软件参数讲解和基本操作视频教程,书中所有案例的场景源文件、镜头素材以及项目工程文件,此外还有高清级别的现实案例镜头及特别提供的精彩视效demo以供鉴赏。

本书适合广大CG爱好者,尤其是正在从事影视特效工作的初中级读者阅读。对于具有运动匹配经验的业内人士,同样具有很高的参考价值。

影视特效镜头跟踪技术精粹

◆ 编 著 李 伟

责任编辑 俞 彬

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京画中画印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.5

字数: 482千字

2010年12月第1版

印数: 1-3000册

2010年12月北京第1次印刷

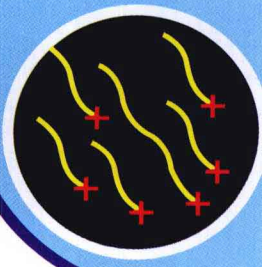
ISBN 978-7-115-23863-4

定价: 88.00元(附2张光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

序



运动（包括被摄体运动和摄影机运动）是影视创作的灵魂。

在数字影视特效制作中，将三维软件制作的元素“放置”到真实的场景里是最常见的手段之一，早期的数字特技，大多采用固定镜头的方式来回避一个技术上的难题——运动跟踪与匹配。究其原因，是前期拍摄的复杂性和不确定因素使三维运动匹配变得异常复杂。作为一名特效总监，我不止一次被这样的问题困扰，它成为制约创作的一个重要的瓶颈。

以boujou / MatchMover 为代表的运动匹配软件的出现，很好地解决了这个问题，使数字影视特技在运动镜头的创作上更灵活，效果也更出色。本书作者在“时光坐标数字影像”工作多年，具有极强的影视制作经验。作者精心挑选出自己参与制作的经典实例（如《东方红》，《大风歌》等），结合理论与实践技巧，详尽地阐述了运动跟踪与匹配技术在前期拍摄，以及后期制作中需要注意的各种问题。理论基础扎实，案例具备典型性，由浅入深地引导读者逐步了解运动匹配技术在数字影视特技制作中的知识、经验和技巧，是一本影视特效从业人员必读的实用教材。

浙江传媒学院动画系主任 副教授

时光坐标数字影像总经理 陈奕

2010年9月于杭州

前言

作为从业多年的资深三维动画师，影视特效中的镜头跟踪技术一直是自己钻研的领域，处理的镜头不计其数，其中不乏非常棘手甚至跟踪失败的镜头。虽然运动匹配的技术远不如大片里粒子、流体、烟火等其他特效炫目，难度也不大，但却是特效领域最根基的东西之一。可惜在这个浮躁的社会里，这等重要的根基却往往被人忽略了许多。许多网上论坛里不乏相关软件的使用教程，甚至中文的帮助手册也广为流传，非常感谢这些资源的制作人，我也从中受益良多。但是把手伸进海里不等于你就触到了海底。很容易想象出，那些依照教程跟踪完毕然后感叹真简单的人，在遇到质量不佳的情况时会如何的手足无措。

学习参考国外大师的跟踪技术，归总整理自己多年的跟踪经验，然后系统化地构建运动匹配的一套东西，让后来者能够一识庐山真面目，而不执迷于某个局部正是本书的初衷。引导读者从容处理不同类型的镜头跟踪任务，是本书最终的目的。

本书主要以boujou和MatchMover Pro为例，分5篇介绍了影视特效领域中的镜头跟踪内容。开篇“引子”讲述了运动匹配的工作体系，整体的工作流程以及静止镜头的透视匹配；第2篇“跟踪运动的镜头”包含了对运动匹配程序原理的阐述，以及镜头跟踪的完整示范；第3篇“程序之外的事情”讲解了摄影机的相关属性，以及如何进行前期拍摄的现场控制；第4篇“应对跟踪失败的状况及高级实例”介绍了处理疑难镜头的技术并展示了5项实例；第5篇“运动匹配的其他内容”讲述了如何跟踪运动的物体，以及跟踪数据在其他场合的应用。

前言

本书内容丰富，结构清晰，技术参考性强，讲解由浅入深循序渐进，相关案例大多来自杭州时光坐标公司的现实项目，贴近实战，非常适合广大CG爱好者，尤其是想进入和正从事影视特效工作的初、中级读者阅读。对于具有运动匹配经验的业内人士，同样具有很高的参考价值。同样的主题，站在一个全新的高度，相信你会看到不一样的内容。

心有所得而不吝惜与人，士子本色也。今汇编成册留书于世，读者若能从中有所收获，幸甚幸甚。

作者

2010年9月

目录

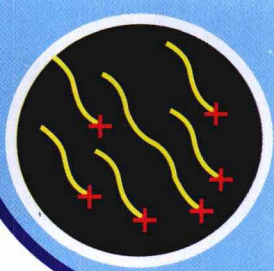
第1篇 引子

第1章 运动匹配概论	13
1.1 什么是运动匹配	14
1.2 一次典型的运动匹配	16
1.3 运动匹配的工作体系	17
1.4 运动匹配在视效生产线上的定位	23
第2章 匹配静止的镜头	24
2.1 透视匹配教程	25
2.1.1 收集场景数据	25
2.1.2 设置摄像机	27
2.1.3 添加环境几何体	29
2.1.4 创建摄影机系统	31
2.2 使用摄影机贴图模拟镜头运动	35

第2篇 跟踪运动的镜头

第3章 运动匹配程序	41
3.1 运动匹配程序简介	42
3.2 运动匹配程序原理——照相测量法	48
3.2.1 解算	49
3.2.2 光学摄影术	49
3.2.3 投影	51
3.2.4 建立摄影机	52
3.2.5 视差	56
3.3 运动匹配程序的使用	58
3.4 入门教程：boujou的基本用法	59

目录



第4章 2D跟踪	67
4.1 2D跟踪的流程	68
4.1.1 解剖一次2D跟踪	69
4.1.2 跟踪点的放置要点	69
4.1.3 获取有效的跟踪	72
4.1.4 镜头画面对2D跟踪的影响	75
4.1.5 镜头的预处理	80
4.2 教程：2D跟踪	81
4.2.1 评估镜头	81
4.2.2 在MatchMover Pro中放置跟踪点	83
4.2.3 选择合适的跟踪点	86
4.2.4 添加其他的跟踪点	87
第5章 3D解算	89
5.1 怎样才是一个“好”的解算	90
5.2 解算摄影机	91
5.2.1 选择合适的设置	91
5.2.2 教程：解算摄影机	92
5.3 评估解算	94
5.3.1 评估3D参考点	95
5.3.2 评估3D空间	95
5.3.3 渲染运动匹配结果	96
5.4 摄影机运动与3D解算	97
5.5 教程：设置坐标系统并输出场景	100
第6章 自动跟踪	107
6.1 自动跟踪简介	108
6.2 编辑自动跟踪	109
6.3 使用遮罩 (Mask)	111

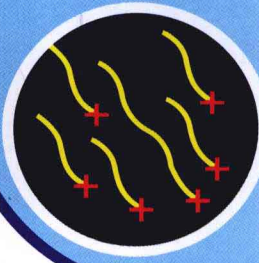
目 录

6.4 自动跟踪的优势	112
6.5 教程：使用boujou进行自动跟踪	113
第7章 环境匹配设置	122
7.1 放置摄影机	123
7.2 检查运动匹配	124
7.2.1 引入代理物体	124
7.2.2 棋盘格纹理检查	126
7.3 匹配环境	127
7.4 教程：设置环境匹配	130
7.4.1 添加测试几何体	131
7.4.2 给物体进行纹理贴图并匹配测试	134
7.4.3 在环境中放置匹配过的数据	136
7.5 更改坐标系统	140
7.6 提交场景	141

第3篇 程序之外的事情

第8章 摄影机	143
8.1 胶片摄影机的工作原理	144
8.2 镜头	145
8.2.1 焦距	146
8.2.2 焦点	147
8.2.3 节点性	148
8.3 胶片背板 (film back) 和CCD	148
8.3.1 胶片背板和焦距	149
8.3.2 数字摄影机	149
8.3.3 使用摄影机信息	151
8.4 镜头畸变	152

目录



8.5 视频的数字化	155
8.6 小结：影响运动匹配的视频元素	157
第9章 拍摄现场的控制	159
9.1 获取正确的信息	160
9.2 获取摄影机信息	162
9.2.1 拍摄之前	162
9.2.2 拍摄过程中	164
9.2.3 拍摄之后	166
9.3 布景中的标记	166
9.4 在现场时与他人的合作	167
9.5 建立一套运动匹配的装备	170

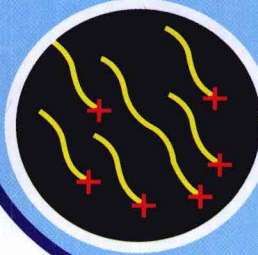
第4篇 应对跟踪失败的状况及高级实例

第10章 疑难镜头的处理和高级技术	175
10.1 如何有效应对疑难镜头	176
10.2 疑难镜头的检查	177
10.2.1 检查摄影机的运动	177
10.2.2 检查场景的位置和匹配	179
10.2.3 审视2D跟踪	179
10.2.4 检查素材的问题	180
10.3 问题诊断	181
10.3.1 参考点异常分布的问题	181
10.3.2 摄影机路径异常的问题	182
10.3.3 场景缓慢的偏移	183
10.3.4 运动模糊导致的问题	184
10.4 高级工具和跟踪技巧	184
10.4.1 高级2D跟踪工具	184

目录

10.4.2 使用约束	186
10.4.3 使用参考照片	187
10.4.4 强制解算	188
10.4.5 模拟焦距	188
10.4.6 使用测量数据	189
第11章 运动匹配解算实例	191
11.1 实例1: 混合变焦镜头的处理	192
11.2 实例2: 变焦摇镜头的处理	196
11.3 实例3: 纵深镜头的处理	201
11.4 实例4: 广角畸变镜头的处理	206
11.5 实例5: 遮罩的合理使用	216
第5篇 运动匹配的其他内容	
第12章 匹配运动物体	221
12.1 基本技术	222
12.2 调整模型并应对不良的数据	226
12.3 教程: 匹配演员的动作	227
12.3.1 设置摄影机	228
12.3.2 放置演员模型并设置初始姿态	231
12.3.3 分析演员身体运动	233
12.3.4 初次匹配	235
12.3.5 二次匹配及细节调整	237
12.4 使用运动匹配程序进行物体跟踪	239
12.5 教程: 解算叠加运动的镜头	242
第13章 从运动匹配中建模和基于图像的建模	250
13.1 从运动匹配中建模	251

目 录



13.2 教程: 使用运动匹配数据建模	252
13.2.1 制作建筑	253
13.2.2 制作剩余的建筑	255
13.2.3 构建街道	256
第14章 运动匹配数据的其他用途	260
14.1 创建特殊的摄影机	261
14.1.1 扩展和增强摄影机的运动	261
14.1.2 混合匹配的摄影机	264
14.1.3 在Maya中混合摄影机	264
14.1.4 物体运动与摄影机运动的转换	269
14.2 运动匹配与背景绘制和修复	270
14.3 运动匹配与合成师的配合	273
词汇表	276
后记	280

第1篇 引子

第1章 运动匹配概论

- 1.1 什么是运动匹配
- 1.2 一次典型的运动匹配
- 1.3 运动匹配的工作体系
- 1.4 运动匹配在视效生产线上的定位

第2章 匹配静止的镜头

- 2.1 透视匹配教程
- 2.2 使用摄影机贴图模拟镜头运动



本章学习要点

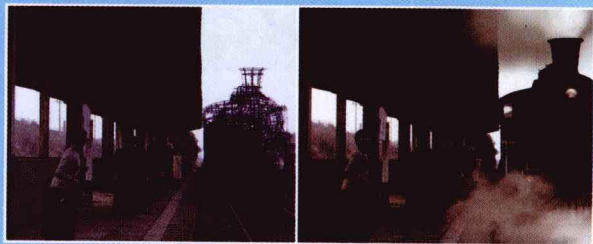
什么是运动匹配；它在视效流程中的定位。

Chapter

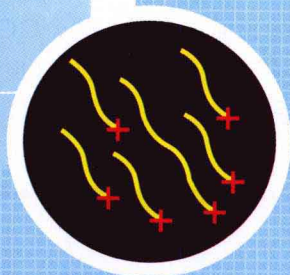
01

运动匹配概论

那么什么是运动匹配呢？运动匹配（matchmoving），也叫摄影机轨迹反求或镜头跟踪，是将CG元素的运动与实拍素材画面的运动相匹配的过程。为了更好地解释这一点，让我们先考虑一个最简单的视效合成情景。



CG元素被合成到画面后的效果



第1章 运动匹配概论

- 1.1 什么是运动匹配
- 1.2 一次典型的运动匹配

- 1.3 运动匹配的工作体系
- 1.4 运动匹配在视效生产线上的定位

1.1 什么是运动匹配

毫无疑问，如今是一个CG泛滥的时代。无论是好莱坞大片中征服了无数眼球而不露破绽的特效，还是电视剧里花样百出的场景，甚至是每天电视里重复播出的令人厌烦的广告，你都能看到CG元素被合成到画面中的例子（见图1.1.1）。

对此，你可能会赞叹其中模型师精细的建模工作，贴图师逼真的纹理绘制，动画师流畅的动作设定等。但是你是否意识到了，能让这些CG元素骗过你的眼睛，相信它真的存在于所营造的镜头里，其实首先应该归功于运动匹配师完美的运动匹配（MatchMoving）。任何一个需要被放置到实拍镜头中的CG元素，都必须进行运动匹配，并且优秀的运动匹配结果将是整个视效生产线得以正常运行的基础。

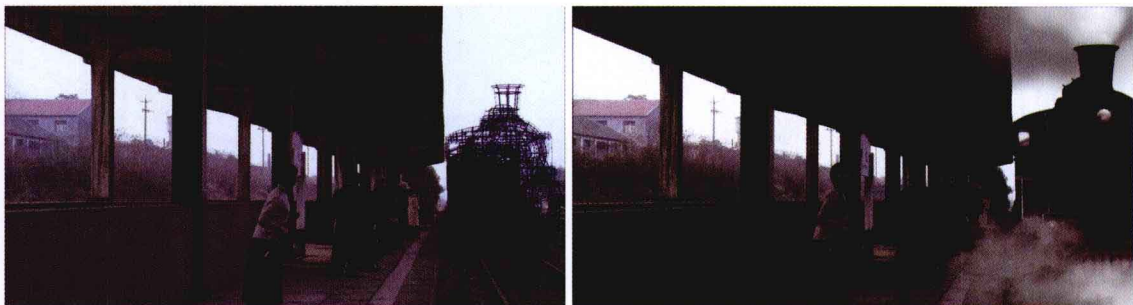


图1.1.1 CG元素在影视中的应用

那么什么是运动匹配呢？运动匹配（matchmoving），也叫摄影机轨迹反求或镜头跟踪，是将CG元素的运动与实拍素材画面的运动相匹配的过程。为了更好地解释这一点，让我们先考虑一个最简单的视效合成情景。

如图1.1.2所示，这是一个平移的镜头。摄影机向左移动，相应的画面中的桌子则向右移动。现在我需要在桌子上的圆圈处放个CG的茶壶，在没有外力作用的情况下茶壶是应该静止于桌面的，那么通过镜头的画面上来看，这个CG的茶壶应该随着桌子一起向画面右侧移动。想象一下，如果这个茶壶没有动，或是运动的速度与桌子在画面中移动的速度不一致，你会看到什么？一只无形的上帝之手拨动杯子在桌面上乱窜，显然这不是我们想要的。



图1.1.2 CG的茶壶如何匹配画面中运动的桌子

要解决这个问题有两种办法：一种是预先设定好摄影机的运动路径，并以数字化的方式将路径导入三维软件，这样三维软件中的摄影机将直接继承现实中摄影机的运动信息，从而获得CG杯子的匹配动画，这种解决方式称为运动控制（Motion Control）。运动控制技术能获得高精度的摄影机路径，但是对摄影机进行精确操控的电子机械设备成本高昂，且设备体积较大，对场地要求较高。摄影机运动控制技术在海外被广泛应用到电影电视中，但国内受成本限制，应用范围有限（见图1.1.3）。

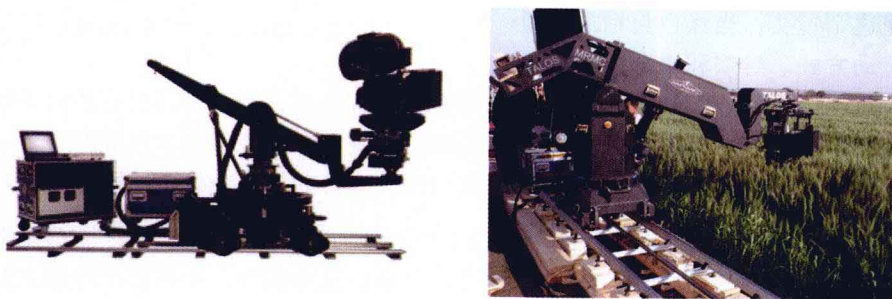


图1.1.3 使用Motion Control进行精确拍摄

另一种是直接进行拍摄，然后使用运动匹配软件采集画面的运动元素，反向求解出摄影机的运动路径和场景特征，然后将其导入三维软件，从而完成匹配工作（见图1.1.4）。这种解决方式称为运动匹配（Matchmoving）。运动匹配技术会依据镜头画面的不同而呈现不同的工作状态，受画面因素限制较大，但技术简单易行，成本较低，而且不受地形限制，因而在影视行业得以普及应用。实际上国内目前大部分的视效镜头都是采用运动匹配的方法进行CG元素与实拍镜头的合成。

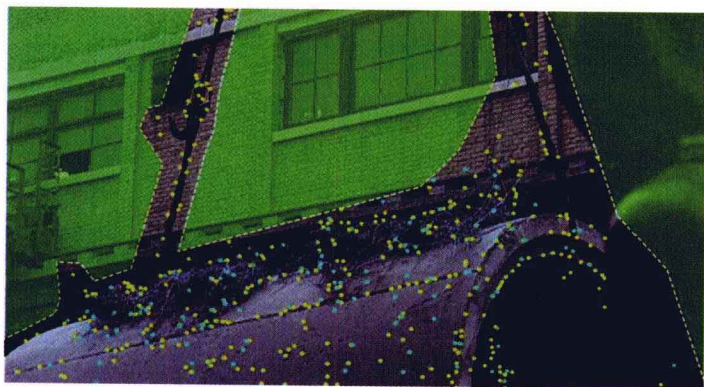


图1.1.4 使用Match Mover解算摄影机运动

1.2 一次典型的运动匹配

一次典型的运动匹配，包括对摄影机运动的解算和环境特征的再现两部分。解算出摄影机的运动，可以使CG元素与画面的运动相匹配；而重建3D环境特征则有助于将CG元素放置到场景中合适的位置。静帧的透视匹配，使用独立的运动匹配软件对运动的镜头进行解算都属于此类。

为了更好地解释运动匹配的内容，我先引入一个代表性的例子。如图1.2.1所示，这是电视剧《大工匠》中的一个视效镜头。导演需要一个冬日大雪的场景，但是因为拍摄时间的限制，不可能无限期地等待下雪的日子，人工造雪也有难度，因此决定用电脑特效来制作这个下雪的环境。



图1.2.1 等待添加雪景特效的电视剧镜头

在拍摄那天，导演根据剧情需要，决定如何拍摄这个镜头，当然也包括摄影机的位置和运动方式。导演和摄影师会先操作摄影机运动几次，并观看视频的回放来察看拍摄的结果。然后当他们正式开拍的时候，两名演员在一个大水泥筒内相依而睡，水泥筒被吊车吊起，摄影机的焦点跟随水泥筒而动。一旦导演对拍摄的镜头满意了，摄影机拍摄的素材会被采集出来，然后交给视效公司来添加环境中的雪景。

当视效公司接到数字化的镜头素材，他们开始讨论这个场景需要添加哪些CG元素。讨论的结果是将其分为3部分：一位动画师来制作水泥筒两端的三维积雪，一名技术导演来做天空满天飞舞的飘雪特效，最后一名合成师来制作整个场景遍布的雪霜。当然，他们也需要一位运动匹配师来对这个镜头进行运动匹配。

视效艺术家的目标是使他们的3D元素像摄影机记录的场景一样真实。动画师需要让三维积雪的形态与水泥筒的外形完美匹配，技术导演需要让天空的飞雪像真的一样。运动匹配师需要解算出场景被摄影机记录下来时，摄影机的位置在哪儿，以及它是如何运动的。

这里运动匹配师扮演了一个重要的角色，因为要使积雪、飞雪跟场景真实地匹配起来，他就必须确保CG物体被CG摄影机所“拍摄”的方式跟真实摄影机拍摄场景的方式一致。想象一下，如果水泥筒边缘部分的CG积雪跟水泥筒的运动有丝毫差异，任何人都会知道这是假的。

理想的情况下，在特效镜头的拍摄过程中特效公司会派出视效总监参与布景，并测量场景中关键的参数。例如摄影机的镜头焦距、离地高度、摄影机与水泥筒的距离、水泥筒的直径等，并绘制一张粗略的布景图，记录下可能会用到的道具和灯光的位置。

一般而言，动画师、技术导演和运动匹配师是同时开始工作的。因为拍摄时已经测量过一些数据，动画师知道水泥筒的直径，可以配合画面开始水泥筒和积雪的建模和材质调试工作；技术导演知道整个场景的大小，可以测试飘雪的粒子特效。这些前期的工作彼此之间相对独立，使得一个团队可以有效地利用时间和人员。

在这期间，运动匹配师首先要检视素材，思考这段镜头里摄影机是如何运动的。他会将素材